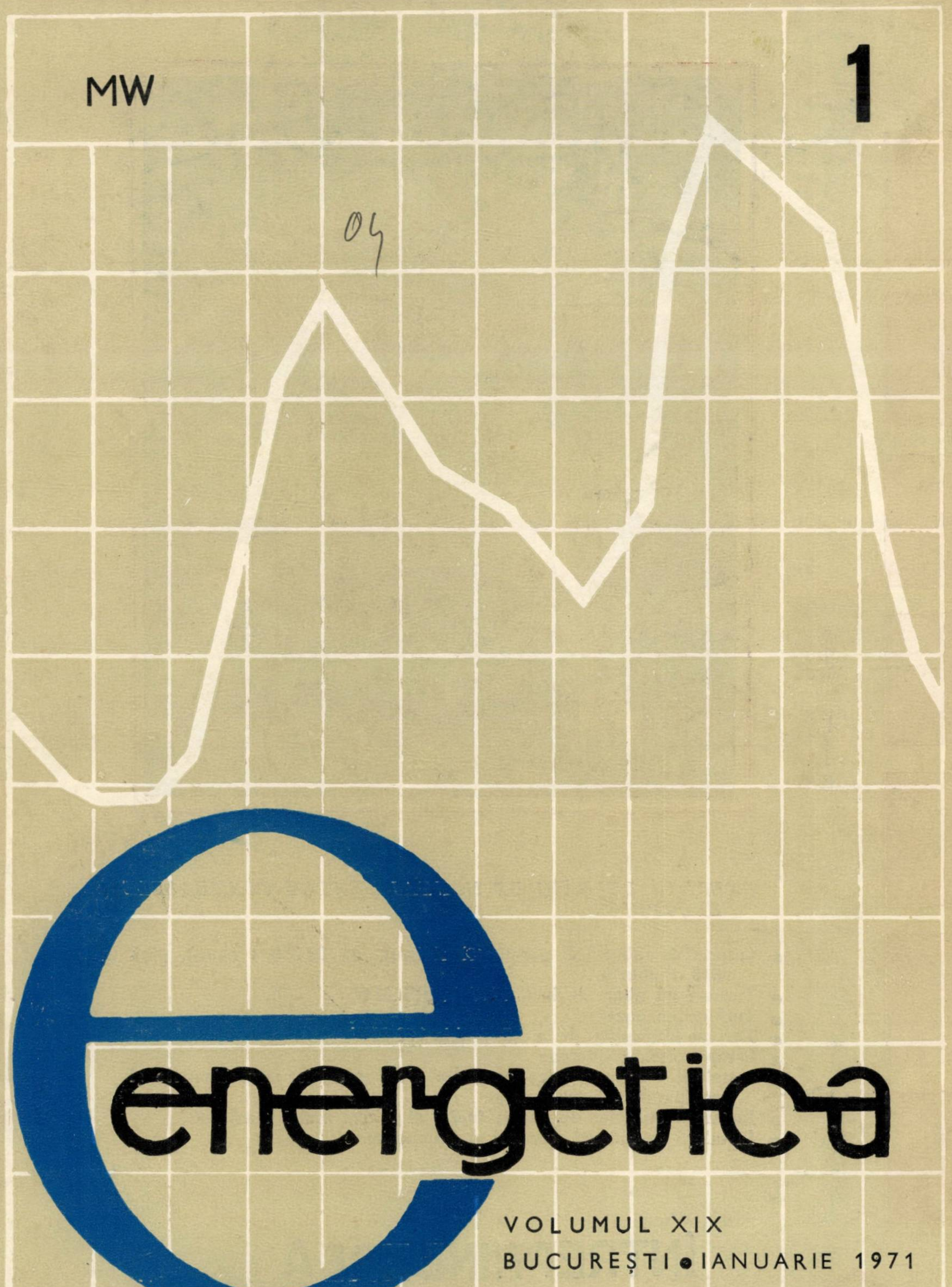
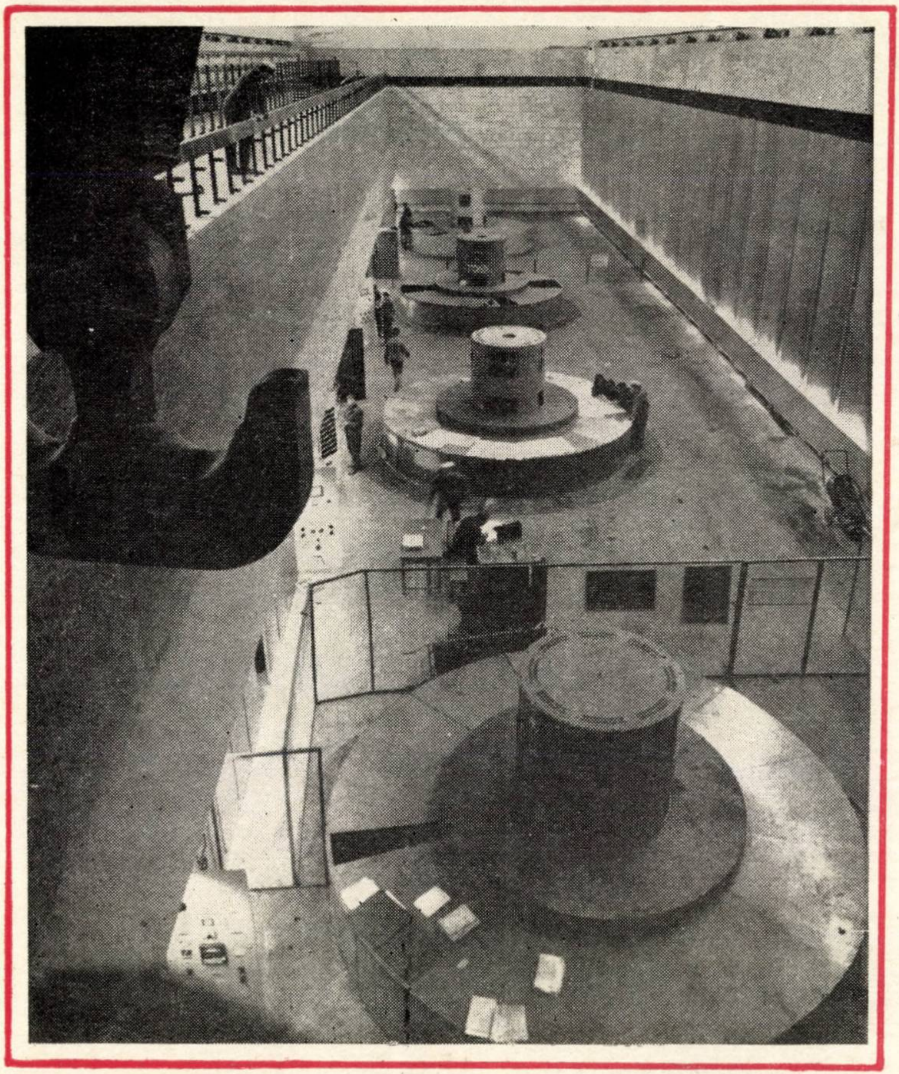
E 2039


MW
1
0
6
12
18
24

04

energetica

VOLUMUL XIX
BUCUREȘTI • IANUARIE 1971



EXECUTĂ LUCRĂRI DE MONTAJ PENTRU CENTRALELE ELECTRICE

- Cazane de abur cu parametri ridicați, de la 500 t abur/h pînă la 640 t abur/h
- Turbine cu abur, de la 5 MW la 315 MW
- Turbine cu gaze
- Turbine hidraulice, de la 5,5 MW la 170 MW
- Compensatoare sincrone
- Instalații termomecanice auxiliare ale centralelor termoelectrice și echipament hidromecanic
- Instalații electrice de joasă, înaltă și foarte înaltă tensiune
- Instalații de măsură, control și automatizare

ÎNTREPRINDERE A

Energomontaj

BUCUREȘTI Calea Dorobanților 105

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL
AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

ANUL 19 Nr. 1 Ianuarie

Cuprinsul

		Pag.
Armencoiu, N.	**Dezvoltarea sistemului energetic al R. S. România în perioada 1966/1970**	1—11
Zbarcea, R.	**Centrala termoelectrică Deva (Mintia)**	12—23
Athanasovici, V.	**Influenţa condiţiilor climatice şi a consumului de căldură menajeră asupra consumurilor de căldură livrată de CET urbane**	23—30
Drăgan, D.	**Regulatoare de tensiune cu tiristoare şi de viteză electrohidraulice la hidrogeneratoarele de la CHE Porţile de Fier. Influenţa asupra stabilităţii dinamice**	30—36
Cautiş, D. şi Moga, S.	**Un procedeu de identificare statistică ,,pasivă'' a proceselor dinamice din energetică**	36—41
Porţeanu, M.	**Semnalizări preventive cu circuite logice tranzistorizate în centrale şi staţii electrice**	42—48

CRONICĂ

RECENZII

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. ing. I. D. STĂNCESCU, redactor responsabil, ing. G. IORGULESCU, redactor responsabil adjunct, conf. ing. I. A. BADEA, ing. ST. BERENGHI, conf. ing. A. COGĂLNICEANU, dr. ing. P. DIMO, membru corespondent al Academiei Republicii Socialiste România, laureat al Premiului de Stat, ing. H. FURTUNESCU, ing. P. IFTIME, ing. L. LUCA, ing. B. MARCU, dr. ing. A. MĂCRIŞ, conf. ing. C. MIHĂILEANU, conf. dr. ing. V. I. NITU, ing. A. SPÎNU, ing. R. ZANE

OFICIUL DE DOCUMENTARE ENERGETICĂ

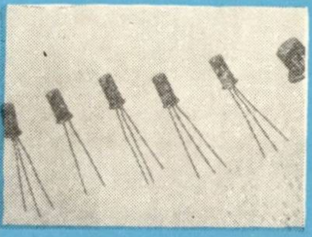
IPRS
băneasa

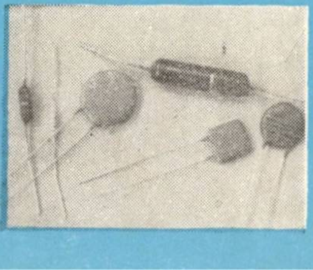
PIESE RADIO

- Rezistoare fixe cu peliculă de carbon
- Rezistoare bobinate
- Termistoare
- Condensatoare cu poliester
- Condensatoare cu polistiren
- Condensatoare electrolitice normale
- Condensatoare electrolitice miniatură
- Condensatoare ceramice
- Condensatoare cu hîrtie uz general
- Condensatoare cu hîrtie metalizate
- Condensatoare telefonice
- Condensatoare auto
- Condensatoare pentru tuburi fluorescente
- Cablaje imprimate

DISPOZITIVE SEMICONDUCTOARE

- Tranzistoare cu germaniu de joasă frecvenţă
  - — de mică putere
  - — de medie putere
  - — de putere
- Tranzistoare cu germaniu, de înaltă frecvenţă
  - — de mică putere
  - — drift de mică putere
- Diode cu germaniu cu contact punctiform
- Redresoare cu germaniu de medie putere
- Fotodiode cu germaniu
- Diode redresoare cu siliciu
  - — de mică putere
  - — de putere
- Diode Zener de mică putere





ÎNTREPRINDEREA DE PIESE RADIO ŞI SEMICONDUCTORI BĂNEASA

STR. EROU IANCU NICOLAE NR. 32 • SECTORUL 2
TELEFON 33.38.30 • TELEX. 011203

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.31 (458)

Арменкою, Н.: **Развитие енергетической системы Румынии в периоде 1966—1970**

Energetica 19(1971), № 1, стр. 1—11

ДК 621.311.22

Збарча, Р.: **Теплоэлектростанция Дева (Минтия)**

Представлены главные вопросы по проектированию и сооружению теплоэлектростанции Дева (Минтия).

Energetica 19(1971), № 1, стр. 12—23

ДК 621.311.22 : 697. 34

Атанасович, В.: **Влияние климатических условий и расхода тепла для бытового потребления на расход тепла выработанного городскими ТЭЦ**

Приводится влияние наружной температуры и расчётной скорости ветра на распределение основных и пиковых расходов тепла городских ТЭЦ, номограмма для расчёта этих расходов и пример расчёта с применением номограммы и соответствующих корректировок.

Energetica 19(1971), № 1, стр 23—30

ДК 621.316.722 : 621.313.322—82

Дрэган, Д.: **Тиристоровые регуляторы напряжения и электрогидравлические регуляторы скорости для гидрогенераторов ГЭС Железные Ворота. Влияние на динамическую устойчивость**

Автор рассматривает основные принципы системы возбуждения, системы автоматического регулирования напряжения и системы автоматического регулирования скорости, применяемые для гидрогенераторов 190 Мва на на ГЭС Железные Ворота, а также выводит характеристики передаточной функции автоматического регулирования напряжения, указывая их влияние на динамическую устойчивость энергосистемы.

Energetica 19(1971), № 1, стр. 30—36

ДК 621.31 : 62—52

Каутиш, Д. и *Мога, С.:* **Способ „пассивного" определения динамических процессов энергетики**

Актуальность рассматриваемого вопроса и предложенный авторами метод представляют собой интерес для инженеров специалистов в области автоматизации энергетических установок.

Energetica 19(1971), № 1, стр. 36—41

ДК 654.9 : 621. 382.3:621.311.2: 621.311.4

Порцеану, М: **Предупредительная сигнализация с логическими полупроводниковыми цепями на электростанциях и электрических подстанциях**

Energetica 19(1971), № 1, стр. 42—48

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.31 (458)

Armencoiu, N.: **Entwicklung des Landesverbundnetzes in Rumänien während der Jahre 1966—1970**

Energetica 19 (1971), H. 1, S. 1—11

DK 621.311.22

Zbarcea, R.: **Wärmekraftwerk Deva (Mintia)**

Darstellung der wichtigsten Fragen bei der Projektierung und Bauausführung des Wärmekraftwerkes Deva (Mintia)

Energetica 19(1971), H. 1, S. 12—23

DK 621.311.22 :697.34

Athanasovici, V.: **Einfluss der klimatischen Bedingungen und des Wärmeverbrauchs in städtischen Fernheiznetzen auf den Wärmeverbrauch von Fernheizwerken**

Es wird der Einfluss der auswärtigen Temperatur und der berechneter Windgeschwindigkeit auf die Verteilung des Wärmeverbrauchs zwischen verschiedenen Grund- und Spitzenlastanlagen städtischer Fernheizwerke untersucht. Ein Nomogramm für Berechnung des Wärmeverbrauchs und ein Rechenbeispiel für Anwendung des Nomogramms sind, mit Hinweis auf die erforderlichen Berichtigungen hinzugefügt.

Energetica 19(1971), H. 1, S. 23—30

DK 621. 316. 722 : 621.313. 322—82

Drăgan, D.: **Thyristor-Spannungsregler und elektrohydraulische Geschwindigkeitsregler für die Maschinensätze des Wärmekrafwerkes Eisernes Tor. Wirksamkeit der Anlagen für Beeinflussung der dynamischen Stabilität**

Der Verfasser beschreibt die Grundlagen des Erregersystems der automatischen Drehzahlregelung für die 190 MVA-Maschinensätze des Wasserkraftwerkes Eisernes Tor. Es werden die Merkmale der Transferfuktion der automatischen Spannungsregelung und deren Wirkung auf die dynamische Stabilität des Verbundsystems untersucht.

Energetica 19(1971), H. 1, S. 30—36

DK 621. 31 : 62—52

Cautiş, D. und *Moga, S.:* **Ein Verfahren für selbsttätige „passive" Ermittlung dynamischer Prozesse in der Energiewirtschaft**

Die Aktualität der untersuchten Fragen sowie das von den Verfassern vorgeschlagene Verfahren spricht die auf dem Gebiet der Automatisierung von Anlagen der Energiewirtschaft spezialisierten Ingenieure an.

Energetica 19(1971), H. 1, S. 36—41

DK 654. 9 : 621. 382.3 :621.311. 2 :621.311.4

Porţeanu, M.: **Warnmeldungen mit transistorisierten logischen Kreisen in elektrischen Werken und Umspannanlagen**

Energetica 19(1971) H. 1, S. 42—48

SOMMAIRE

CD 621.31 (458)

Armencoiu, N.: **La développement du système énergetique de la Roumanie pendant les années 1966—1970**

Energetica 19(1971), nr. 1, p. 1—11

CD 621.311.22
Zbarcea, R. : **La centrale thermique Deva (Mintia)**

Cet article comprend les aspects principaux de l'établissement des projets et de la construction de la centrale thermique Deva (Mintia).

Energetica 19(1971), nr. 1, p. 12—23

CD 621.311.22 :697.34

Athanasovici, V. : **L'influence des conditions climatiques et de la consommation de chaleur ménagère sur la quantité de chaleur fournie par les centrales de production combinèe urbaines**

L'article présente l'influence de la température extérieure et de la vitesse de calcul du vent sur la distribution de la consommation de chaleur aux installations de base et de pointe des centrales de production combinée de chaleur et d'électricité urbaines, un nomogramme pour le calcul de ces consommations ainsi qu'un exemple de calcul qui indique la manière dont le nomogramme et les corrections nécessaires sont appliqués.

Energetica 19(1971), nr. 1, 23—30

CD 621.316.722;621:313. 322—82

Drăgan, D. : **Régulateurs de tension avec thyristors et régulateurs électrohydrauliques de vitesse pour les hydro-alternateurs de l'usine hydro—électriques des Portes de Fer. Leur influence sur la stabilité dynamique**

L'auteur décrit les principes fondamentaux des systèmes d'excitation, du réglage automatique de la tension et de réglage automatique de la vitesse, adoptés pour les alternateurs de 190 MVA montés dans l'usine hydro-électrique des Portes de Fer. Il déduit aussi les caracteristiques des fonctions de transfert du réglage automatique de la tension et indique leurs influences sur la stabilité dynamique du réseau.

Energetica 19(1971), nr. 1, p. 30—36

CD 621.31 : 62—52

Cautiş, D. et *Moga, S.* : **Un procédé d'identification ,,passive'' des processus dynamiques dans l'énergétique**

L'actualité du problème traité ici ainsi que le procédé proposé par les auteurs peuvent interesser les ingénieurs spécialistes dans le domaine de l'aumatisation des installations énergétiques.

Energetica 19(1971), nr. 1, p. 36—41

CD 654.9 :621.382.3 :621.311.2 : 621.311.4

Porţeanu, M. : **Signalisations préventives avec circuits logiques transistorisés dans les centrales et les postes électriques**

Energetica 19(1971), nr. 1, p. 42—48

CONTENTS

DC 621.31 (458)

Armencoiu, N.: **The development of the power system of Romania during 1966—1970**

Energetica 19 (1971), nr. 1, p. 1—11

DC 621. 311. 22

Zbarcea, R. : **Deva (Mintia) thermal power station**

Here are some of the main aspects of the desing and building of Deva (Mintia) power station.

Energetica 19(1971), nr. 1, p. 12—23

DC 621.311.22 : 697.34

Athanasovici, V. : **The influence of weather conditions and household heating consumption on the quantity of heat supplied by city district heating and power production plants**

The article mentions the influence of outside temperature and calculated wind velocity on the distribution of heat consumption to peak and base sets in urban power plants for the combined production of electricity and heat, includes a nomogramm for the calculation of these consumptions as well as an exemple of calculation featuring the way to use the nomogramm and the respective corrections.

Energetica 19(1971), nr. 1, p. 23—30

DC 621.316.722 :621.313.322—82

Drăgan, D. : **Voltage regulators with thyristors and electrohydraulic speed regulators used by the hydrogenerators at the Iron Gates hydro-electric power station; their influence on the dynamic stability**

The author describes the basic principles of the excitation systems, the automatic voltage control and automatic speed control as adopted for the 190 MVA hydrogenerators at the Iron Gates hydroelectric power station. He also considers the characteristics of the transfer functions of the automatic voltage control, showing their influence on the dynamic stability of the power system.

Energetica 19(1971), nr. 1, p. 30—36

DC 621.31 : 62—52

Cautiş, D. and *Moga,S.* : **A system for the ,,passive'' identification of dynamic processes in energetics**

The question treated here as well as the proceedings extended by the authors are interesting to engineers specialized in the automation of power installations.

Energetica 19(1971), nr. 1, p. 36—41

DC 654.9:621382.3:621.311.2:621.311.4

Porţeanu, M. : **Warning signalization with transistorized logical circuits in power plants and substations**

Energetica 19 (1971), nr. 1, p. 42—48

DEZVOLTAREA SISTEMULUI ENERGETIC AL ROMÂNIEI IN PERIOADA 1966 — 1970

Ing. Nicolae Armencoiu,
adjunct al ministrului energiei electrice

Încheierea cu succes a planului cincinal 1966 — 1970 în ramura energetică ne prilejuieşte o analiză a realizărilor în domeniul producţiei, transportului şi distribuţiei energiei electrice şi a căldurii, o trecere în revistă a elementelor care au concurat la îndeplinirea şi depăşirea sarcinilor de plan în acest doneniu.

1. PRODUCŢIA DE ENERGIE ELECTRICĂ ŞI DE CĂLDURĂ

Realizarea la sfîrşitul anului 1970 a producţiei de energie electrică de 35 TWh a marcat îndeplinirea şi depăşirea planului pe perioada 1966 — 1970, care prevedea pentru ultimul an al cincinalului o producţie de 32 — 34 TWh.

În cincinalul recent încheiat producţia de energie electrică a crescut de la 17,2 TWh în anul 1965 la 35 TWh în anul 1970, deci cu 17,8 TWh, din care 16,2 TWh reprezintă creşterea de producţie în centralele termoelectrice şi 1,6 TWh în centralele hidroelectrice (fig. 1).

Dublarea producţiei de energie electrică în mai puţin de cinci ani, cu un ritm mediu anual de 15,5 %, situează România printre ţările care realizează cele mai ridicate ritmuri de creştere a producţiei de energie electrică.

În cursul cincinalului 1966 — 1970 producţia de căldură prin termoficare a crescut de la 20,5 mil. Gcal în 1965 la circa 44 mil. Gcal în 1970, depăşindu-se cu 12 % prevederile planului (fig. 2).

Depăşirea prevederilor planului de energie electrică şi de căldură ca urmare a apariţiei de noi consumatori determinaţi de dezvoltarea intensă a întregii economii naţionale (combinate chimice, sere, irigaţii etc.) s-a făcut printr-o exploatare intensivă a instalaţiilor.

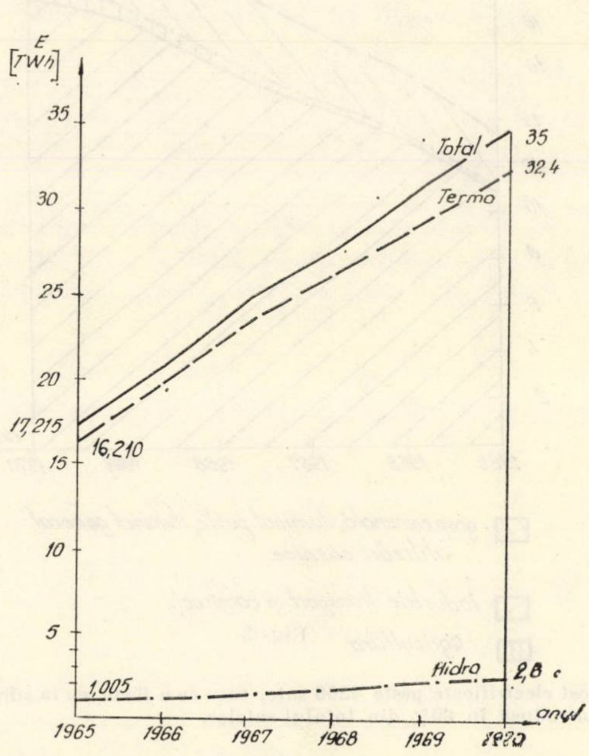


Fig. 1

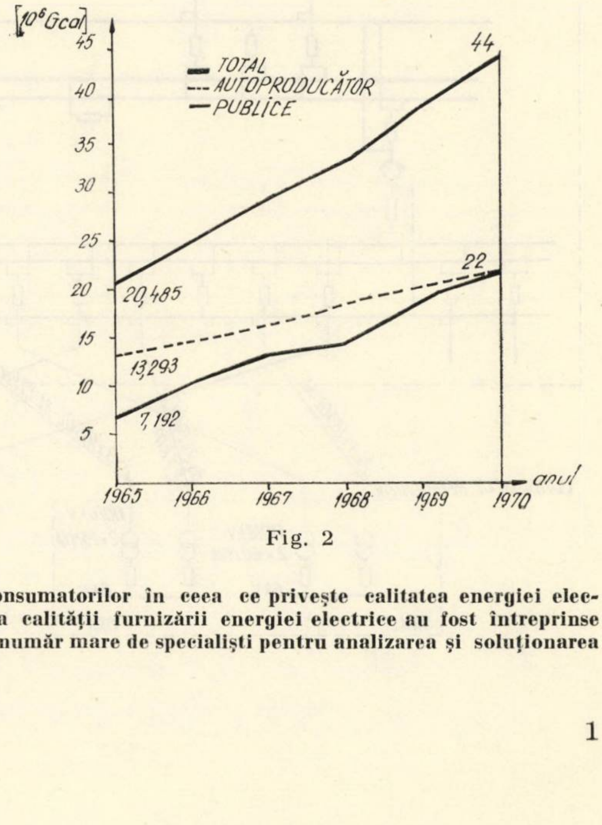


Fig. 2

2. CONSUMUL DE ENERGIE ELECTRICĂ ŞI DE CĂLDURĂ

Consumul de energie electrică în perioada 1966 — 1970 a cunoscut o importantă creştere la toate categoriile de consumatori. În special se remarcă ritmurile de creştere a consumului de energie electrică pentru irigaţii, utilizări în agricultură, tracţiunea electrică, utilizări casnice şi industrie.

Analiza structurii consumului pune în evidenţă faptul că ponderea mare a continuat să o reprezinte şi în acest cincinal industria, urmată de consumul edilitar casnic şi apoi de agricultură (fig. 3).

O caracteristică importantă a dezvoltării consumului de energie electrică în perioada 1966 — 1970 este creşterea exigenţei tuturor consumatorilor în ceea ce priveşte calitatea energiei electrice furnizate. Pentru îmbunătăţirea calităţii furnizării energiei electrice au fost întreprinse o serie de acţiuni cu antrenarea unui număr mare de specialişti pentru analizarea şi soluţionarea optimă a schemelor de alimentare.

Soluțiile noi de alimentare cu energie electrică a marilor platforme industriale, așa cum se aplică, de exemplu, la Combinatul chimic Pitești (fig. 4), reprezintă un progres față de soluțiile care se practicau în perioadale anterioare. Platforma chimică Pitești se alimentează dintr-o stație de 220/110 kV a sistemului energetic, amplasată în afara zonei de poluare și realizată constructiv pentru a obține un grad mare de siguranță în exploatare. Receptoarele din incinta platformei se alimentează din stații de 110/6 kV de tipul „racord adînc”, amplasate cît mai aproape în centrele de consum. Această soluție prezintă avantaje atît în ceea ce privește ieftinirea lucrărilor de investiții, cît și în ceea ce privește siguranța de funcționare.

Preocupări similare au fost extinse și la alte ramuri consumatoare, cum ar fi zootehnia, transporturile, telecomunicațiile, irigațiile etc. Rezultatele acestor acțiuni s-au concretizat prin aceea că alimentarea cu energie electrică a consumatorilor, în special a marilor consumatori industriali, s-a îmbunătățit în ultimii cinci ani. Numărul de întreruperi la consumatori s-a redus; de exemplu, la consumatorii din industria chimică energia nelivrată din cauza întreruperilor din sectorul energetic a scăzut la jumătate în anul 1970 față de anul 1966, deși energia totală livrată a crescut foarte mult.

Totodată, în cincinalul care a trecut au fost înregistrate realizări importante în extinderea electrificărilor rurale: au fost electrificate peste 4200 sate, ceea ce a făcut ca la sfîrșitul anului 1970 electricitatea să fie introdusă în 80% din totalul satelor.

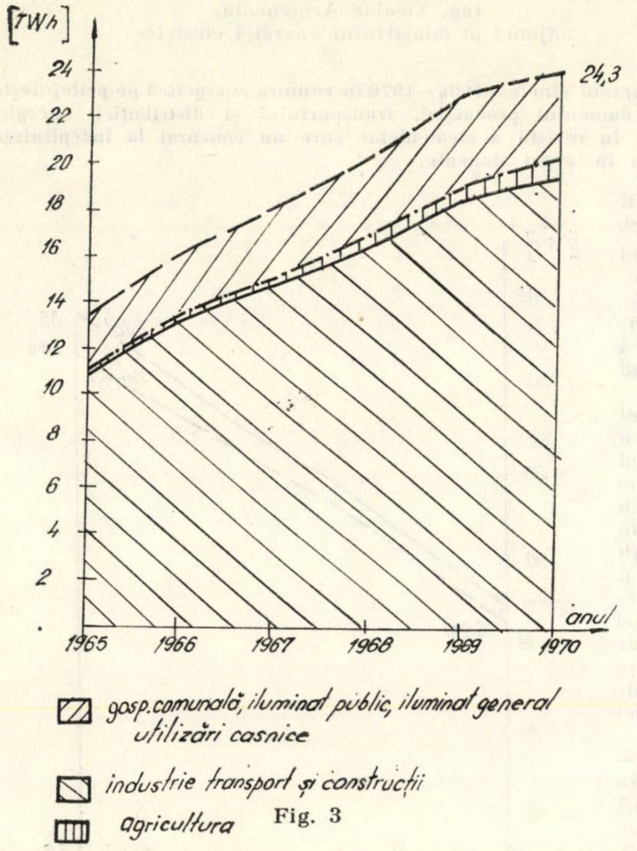
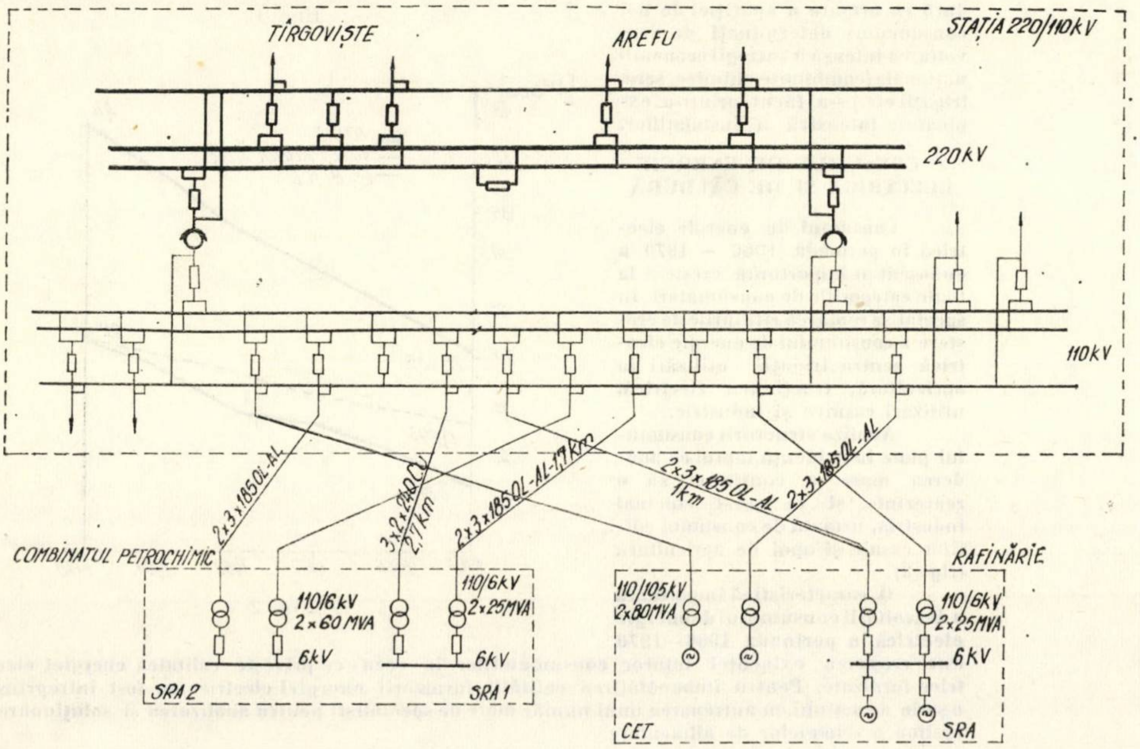


Fig. 3


TÎRGOVIȘTE
AREFU
STAȚIA 220/110kV
220kV
110kV
2×3×185OL-AL
3×2×240CU 2,7km
2×3×185OL-AL-1,7km
2×3×185OL-AL 1km
2×3×185OL-AL
COMBINATUL PETROCHIMIC
110/6kV 2×60MVA
110/6kV 2×25MVA
6kV
6kV
SRA 2
SRA 1
RAFINĂRIE
110/105kV 2×80MVA
110/6kV 2×25MVA
6KV
CET
SRA

← Fig. 4

În privința consumului de căldură asigurat din centralele de termoficare în anul 1970, se constată că circa 81 % din consumul sub formă de abur și apă fierbinte se datorește industriei, 11 % termoficării urbane și 8 % serelor (fig. 5).

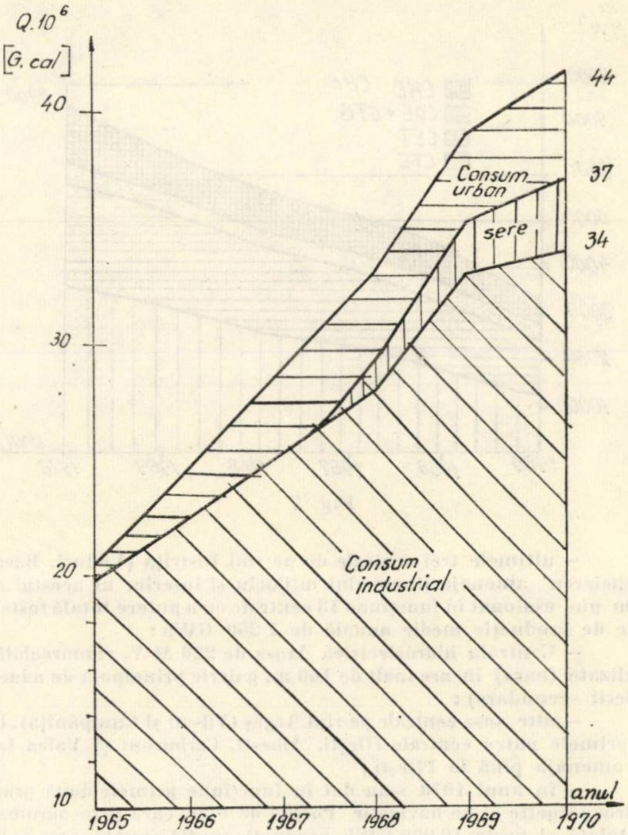


Fig. 5

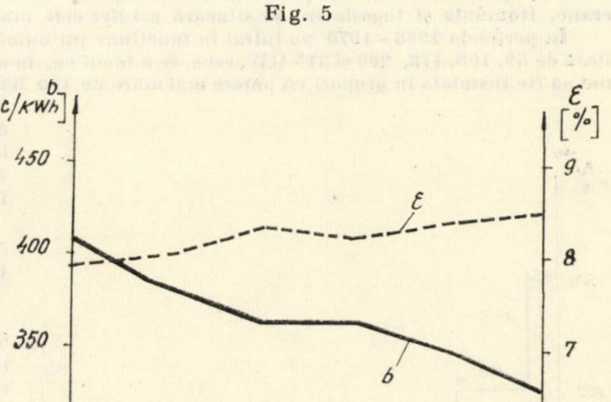


Fig. 6

Etapa 1966 – 1970 se caracterizează prin continuarea și extinderea producerii combinate a energiei electrice și căldurii, fiind bine cunoscute avantajele acestui procedeu.

3. CONSUMUL SPECIFIC DE COMBUSTIBIL ȘI CONSUMUL PROPRIU TEHNOLOGIC PENTRU PRODUCEREA ENERGIEI ELECTRICE

Urmărirea continuă a folosirii raționale a resurselor de combustibil prin producerea energiei electrice în centrale cu condensație din ce în ce mai moderne, bine utilate și cu o exploatare cît mai corectă și rațională, precum și producerea unei cote importante în regim de termoficare, se reflectă și în scăderea continuă a consumului specific de combustibil.

Astfel, dacă în anul 1965 consumul specific de combustibil brut pentru producerea energiei electrice în centralele termoelectrice a fost de 407 g e.c./kWh, în anul 1970 acest consum a scăzut la 337,8 g e. c./kWh, obținîndu-se astfel o reducere cu circa 17,1 %. Din diagrama prezentată în figura 6 se constată că în perioada 1966 – 1970 consumul propriu tehnologic a variat între 7,9 % (1965) și 8,5 % (1970) ; această creștere se explică prin producerea unei cantități mari de energie electrică în centrale termoelectrice funcționînd pe cărbune și prin intensificarea alimentării cu căldură din centralele de termoficare, operații care, deși reclamă un consum tehnologic sporit, totuși pe ansamblul economiei naționale prezintă importante avantaje.

4. DEZVOLTAREA CENTRALELOR ELECTRICE

Necesitatea creșterii permanente a puterii instalate, în medie cu 850 MW pe an, a condus la dezvol-

Tabelul 1

Natura centralelor	UM	1966	1967	1968	1969	1970	Total 1966 – 1970
Centrale termoelectrice	MW	915	754,2	421	831,7	618	3 539,9
Centrale hidroelectrice	MW	317	34	19,8	20	350	740,8
Total	MW	1 232	788,2	440,8	851,7	968	4 280,7

tarea cu precădere a centralelor termoelectrice. Din tabelul 1, în care sînt reprezentate puterile nou instalate în etapa 1966 – 1970, se remarcă faptul că, la nivelul anului 1970, 83 % din puterea nou instalată s-a realizat în centrale termoelectrice și 17 % în centrale hidroelectrice.

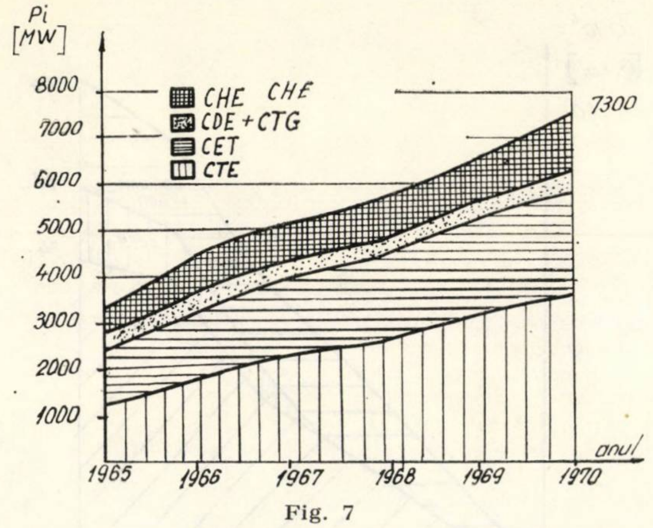


Fig. 7

Evoluția puterilor nou instalate în perioada 1965 – 1970 după tipul centralelor electrice este prezentată în figura 7.

Din puterea nou instalată în centralele termoelectrice în această perioadă, 30 % s-a instalat în centrale noi (CTE Deva, CET Oradea, CET Galați, CET Palas, CET Iași etc.) și 70 % în extinderi de centrale existente (CET Craiova, CET București Sud, CTE Luduș, CTE Sîngeorgiu, CET Borzești etc.). În acest fel s-a urmărit o valorificare intensă a investițiilor efectuate în cincinalele anterioare.

În etapa 1966 – 1970 s-au dat în funcțiune 12 centrale hidroelectrice, dintre care se menționează :

— ultimele trei centrale de pe rîul Bistrița (Vaduri, Bacău I, Bacău II) care marchează încheierea amenajării cursului mijlociu și inferior al acestui rîu, pe care, începînd din 1959, s-au pus eșalonat în funcțiune 13 centrale cu o putere totală instalată de 452 MW, avînd o capacitate de producție medie anuală de 1 250 GWh ;

— Centrala hidroelectrică Argeș de 220 MW, remarcabilă prin construcțiile hidrotehnice realizate (baraj în arc înalt de 166 m, galerie principală de aducțiune și fugă de 14 km și 38 km galerii secundare) ;

— alte șase centrale pe rîul Argeș (Vîlsan și Cumpănița), în amonte de lacul de acumulare și primele patru centrale (Oești, Albești, Cerbureni și Valea Iașului) din cascada prevăzută a se amenaja pînă la Pitești ;

— în anul 1970 s-au dat în funcțiune primele două grupuri de 178 MW ale Sistemului hidroenergetic și de navigație Porțile de Fier, care prin parametrii săi (peste 2 000 MW putere instalată și peste 10 000 GWh producție medie anuală, care se împarte egal între cele două state riverane, România și Iugoslavia) se situează printre cele mai remarcabile realizări din lume.

În perioada 1966 – 1970 au intrat în funcțiune un număr important de grupuri cu putere unitară de 50, 100, 178, 200 și 315 MW, ceea ce a făcut ca, în anul 1970, 48,8 % din puterea sistemului să fie instalată în grupuri cu putere mai mare de 100 MW, față de 16,9 % în 1965 (fig. 8).

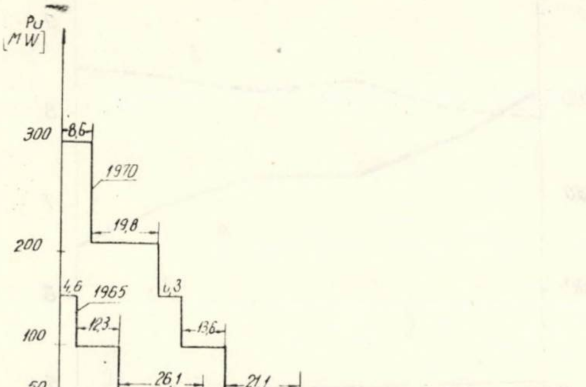


Fig. 8

Localizarea grupurilor noi de putere mai mare de 25 MW puse în funcțiune în cincinalul 1966 – 1970 se prezintă sugestiv în figura 9.

5. DEZVOLTAREA REȚELELOR ELECTRICE

Paralel cu dezvoltarea instalațiilor de producere a energiei electrice, în perioada 1966 – 1970 rețelele electrice au cunoscut o creștere deosebit de importantă (tabelul 2). Creșterile cele mai importante au fost înregistrate la rețelele de 220 – 400 kV, care în această perioadă s-au triplat. Rețelele de joasă tensiune, medie tensiune și 110 kV au crescut cu 50 – 60 % față de anul 1965.

La construcția liniilor noi, în special a celor de transport, s-a ținut seama de amplasarea centralelor electrice și a centrelor de consum, de principiile asigurării unei funcționări sigure a sistemului energetic și realizării unei continuități maxime în alimentarea consumatorilor.

Comparînd rețelele sistemului energetic din 1965 cu cele din 1970 (fig. 10 și 11), se pot desprinde următoarele :

— rețeaua de transport de 220 kV, realizată din linii executate pe gabarite de 220 sau 400 kV, formează un inel ce colectează puterea de la principalele centrale (Craiova — București — Galați —

Tabelul 2

Denumirea instalației	UM	1965	1970
LEA 400 kV	km	380	1 400
LEA 220 kV	km	676	1 929
LEA 60 – 110 kV	km	5 600	8 359
LEA medie tensiune	km	34 053	53 279
LEA joasă tensiune	km	46 214	79 987
Cabluri subterane	km	9 423	13 401
Stații 400 kV	nr.	1	1
Stații 220 kV	nr.	2	19
Stații 60 – 110 kV	nr.	119	264
Alte stații	nr.	256	320
Posturi trafo	nr.	14 888	27 314

Borzeşti – Bicaz – Luduş – Mintia – Paroşeni – Craiova), din care se transportă spre centrele de consum energie electrică cu un grad mare de siguranță;

– pentru mărirea stabilității de funcționare a acestui inel, precum şi pentru întărirea legăturilor electrice între Ardeal şi Muntenia, s-a realizat o diagonală de 400 kV care funcționează în prezent la 220 kV (Luduş – Argeş – Slatina) ;

– realizarea de linii în „antenă" pentru racordarea la rețeaua de transport a unor centre de consum, cum ar fi linia 220 kV Gura Ialomiței – Medgidia şi linia 400 (220) kV Sibiu – Braşov;

– evacuarea puterii din CHE Porțile de Fier a impus pentru anul 1970 realizarea liniei de 400 (220) kV Porțile de Fier – Slatina şi a liniei de 220 kV Porțile de Fier – Reşița ;

– în această perioadă, rețeaua de 110 kV a început să capete un caracter de rețea de distribuție prin apariția rețelei de transport de 220 kV;

– interconectarea sistemului energetic al României cu sistemele energetice ale unor țări socialiste: prin linia de 400 kV Luduş – Lemeşani cu Cehoslovacia, prin linia de 220 kV Craiova – Bechet cu Bulgaria şi prin linia de 110 kV Timişoara – Kikinda cu Iugoslavia.

În domeniul rețelelor de distribuție, un accent deosebit s-a pus pe mărirea capacității instalațiilor existente prin modernizarea şi extinderea lor. În această etapă s-a început trecerea

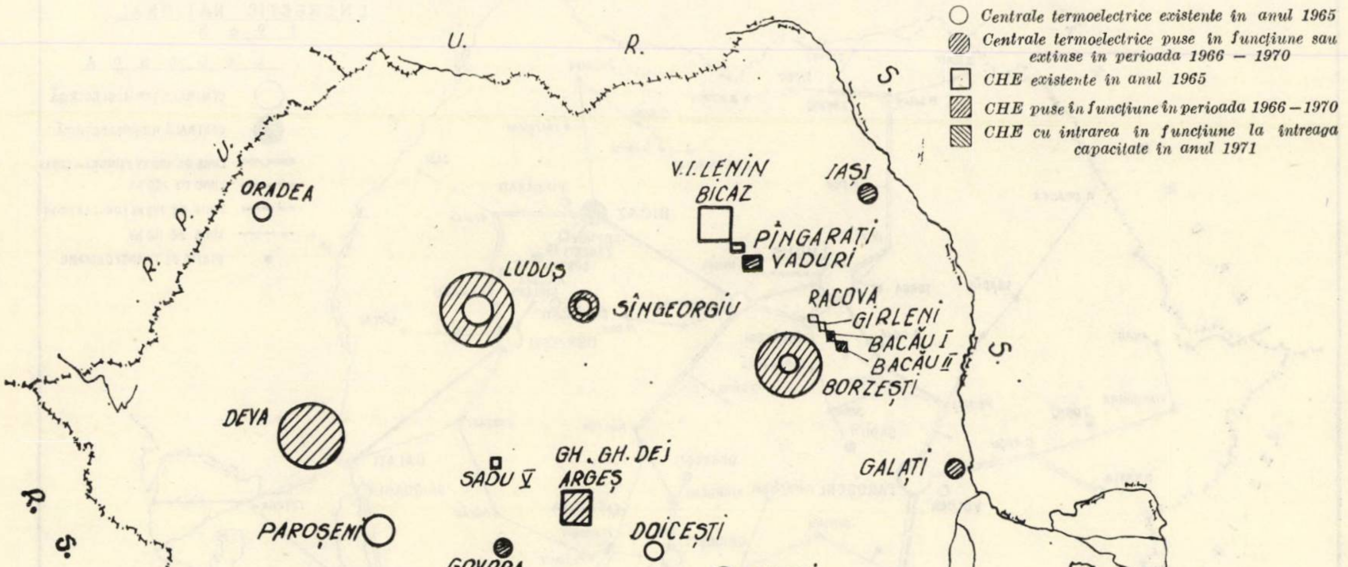

○ Centrale termoelectrice existente în anul 1965
▨ Centrale termoelectrice puse în funcțiune sau extinse în perioada 1966 – 1970
☐ CHE existente în anul 1965
▨ CHE puse în funcțiune în perioada 1966 – 1970
▧ CHE cu intrarea în funcțiune la întreaga capacitate în anul 1971
U. R. S. S.
R. P. U.
R. S. F. I.
R. P. B.
ORADEA
V.I. LENIN BICAZ
IAŞI
PÎNGARAȚI
VADURI
LUDUŞ
SÎNGEORGIU
RACOVA
GÎRLENI
BACĂU I
BACĂU II
BORZEŞTI
DEVA
SADU V
GH. GH. DEJ ARGEŞ
GALAȚI
PAROŞENI
GOVORA
DOICEŞTI
BRAZI
GROZĂVEŞTI
BUCUREŞTI SUD
PALAS
PORȚILE DE FIER
CRAIOVA

Fig. 9

la o tensiune superioară a rețelelor în funcțiune, de la 6 kV la 10 kV și de la 15 kV la 20 kV, obținîndu-se creșteri de capacități de transport cu cheltuieli minime.

De asemenea, în ultimii cinci ani s-a acordat o atenție mare lucrărilor de consolidare a rețelelor de distribuție existente, în special în zonele cu căderi mari de tensiune.

6. SOLUȚII TEHNICE MODERNE UTILIZATE ÎN DEZVOLTAREA INSTALAȚIILOR ELECTROENERGETICE

6.1. Folosirea rațională a resurselor de energie primară

Dezvoltarea centralelor electrice în această perioadă s-a făcut ținîndu-se seama de resursele de energie primară și de folosirea cît mai rațională a acestora, prin:

— intensificarea folosirii cărbunilor inferiori, în special lignit, pentru producerea energiei electrice în centralele termoelectrice și economisirea rezervelor de hidrocarburi — materie primă importantă pentru industria chimică (tabelul 3);

Tabelul 3

Combustibilul	1965	1966	1967	1968	1969
cărbuni inferiori	16,0	17,0	17,3	21,1	23,8
cărbuni superiori	3,6	2,7	3,6	2,4	2,7
motorină	3,7	2,5	1,4	0,9	0,8
păcură	1,8	1,1	1,0	0,9	2,0
gaze naturale	74,2	76,0	76,3	72,7	69,2
alți combustibili	0,7	0,7	0,4	2,0	1,5

— amenajarea unei cote importante a potențialului hidroenergetic, avîndu-se în vedere mai ales economicitatea și aportul calitativ al centralelor hidroelectrice în acoperirea curbelor de sarcină, precum și posibilitățile largi pentru alte utilizări ale apei;

— realizarea de centrale electrice de termoficare, obținîndu-se pe ansamblu o importantă economie de combustibil;

— valorificarea integrală a resurselor energetice secundare;

— realizarea de centrale termoelectrice de condensație echipate cu grupuri de putere unitară mare, parametri ridicați și consum specific de căldură redus.

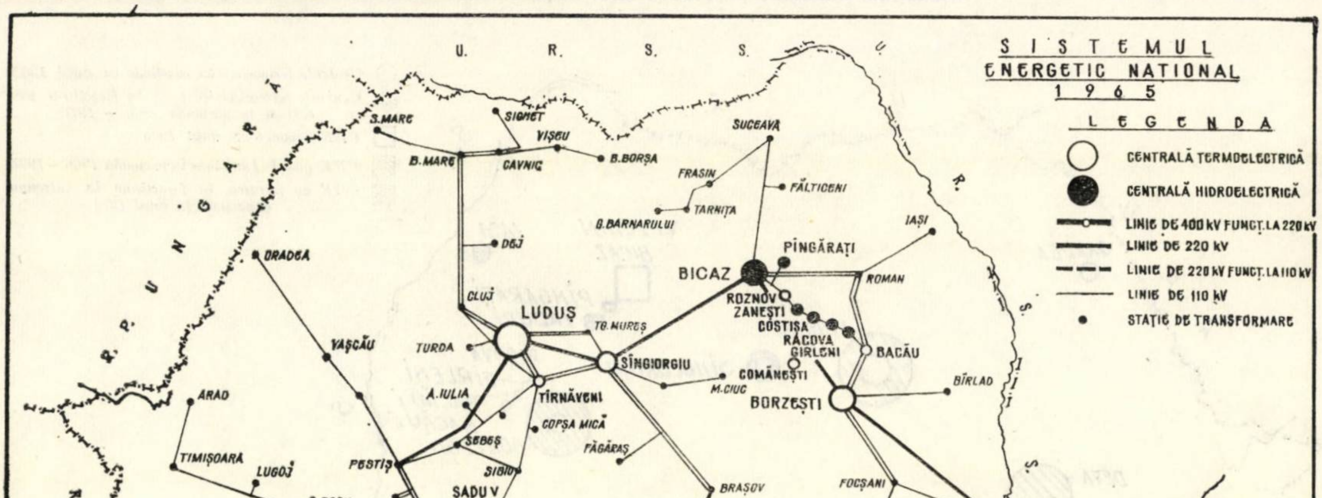

SISTEMUL ENERGETIC NATIONAL 1965
LEGENDA
○ CENTRALĂ TERMOELECTRICĂ
● CENTRALĂ HIDROELECTRICĂ
LINIE DE 400 kV FUNCȚ. LA 220 kV
LINIE DE 220 kV
LINIE DE 220 kV FUNCȚ. LA 110 kV
LINIE DE 110 kV
STAȚIE DE TRANSFORMARE
U. R. S. S.
R. P. UNGARĂ
R. S. F. IUGOSLAVIA
R. P. BULGARIA
S.MARE
SIGHET
VIȘEU
B.MARE
CAVNIC
B.BORȘA
SUCEAVA
FRASIN
FĂLTICENI
TARNIȚA
G.BARNARULUI
IAȘI
DEJ
ORADEA
PÎNGĂRAȚI
BICAZ
ROMAN
ROZNOV
ZANEȘTI
COSTIȘA
RĂCOVA
GIRLENI
BACĂU
CLUJ
LUDUȘ
TG.MUREȘ
TURDA
SÎNGIORGIU
VAȘCĂU
ARAD
A.IULIA
TÎRNĂVENI
COMĂNEȘTI
M.CIUC
BORZEȘTI
BÎRLAD
COPȘA MICĂ
FĂGĂRAȘ
TIMIȘOARA
LUGOJ
PEȘTIȘ
SEBEȘ
SIBIU
SADU V
BRAȘOV
FOCȘANI
D.ROȘU
REȘIȚA
VULCAN
PAROȘENI
CĂPĂȚÎNENI
DOBREȘTI
MOROENI
CÎMPINA
GALAȚI
CHIȘCANI
TULCEA
GOVORA
DOICEȘTI
FLOREȘTI
BUZĂU
PLOIEȘTI
BRAZI
G.IALOMIȚEI
HÎRȘOVA
MOLDOVA N.
ORȘOVA
Tr.Severin
G.VĂII
BĂRBĂTEȘTI
PITEȘTI
PĂTROAIA
I.JIANU
SLATINA
HÎRLEȘTI
GROZĂVEȘTI
VIDELE
BUCUREȘTI EST
BUCUREȘTI SUD
FETEȘTI
OVIDIU
MEDGIDIA
CĂLĂRAȘI
CRAIOVA
CARACAL
ALEXANDRIA
BĂILEȘTI
TR.MĂGURELE

Fig. 10

6.2. Soluţii tehnice în realizarea lucrărilor de centrale termoelectrice

Perioada 1966–1970 poate fi caracterizată ca o etapă importantă în stabilirea concepţiei româneşti de proiectare, execuţie şi exploatare a centralelor termoelectrice, ţinînd seama de volumul de instalaţii realizat în această etapă (4 280 MW, faţă de 3 258 MW în 1965), precum şi de problemele complexe care au fost rezolvate.

În această perioadă, la centralele termoelectrice au fost aplicate soluţii pe baza experienţei acumulate, a studiilor care au ţinut seama de condiţiile specifice ţării noastre (combustibili, apă de răcire, amplasarea consumatorilor, condiţii climaterice şi seismicitate) şi de tendinţele tehnice pe plan mondial.

La centralele de condensaţie s-a aplicat în exclusivitate schema tip bloc. La grupurile de 315 MW din centrala Craiova schema este realizată cu două cazane şi un turboagregat pe bloc. La palierul de 200 MW, construcţia cazanului este cu două corpuri gemene independente. Aceste scheme bloc simplificate au reprezentat soluţia optimă pentru echiparea centralelor cu grupuri de mare putere şi parametri înalţi în etapa respectivă de dezvoltare a sistemului energetic.

La centralele cu condensaţie se remarcă folosirea în această perioadă a cazanelor de abur cu performanţe ridicate şi cu circulaţie forţată unică, iar la centralele de termoficare s-au menţinut cazanele cu circulaţie naturală avînd în vedere specificul consumatorilor de căldură.

La grupurile de 315 MW de la CET Craiova s-au montat cazane cu debitul de 510 t/h, 195 at şi temperatura de 540°/540°C, pentru arderea lignitului şi a gazelor naturale.

La centralele de termoficare echipate cu grupuri de mare putere s-a aplicat soluţia cu numărul de cazane egal cu numărul de turbine, ceea ce creează tranşe independente, chiar dacă, pentru siguranţă, bara de abur de ajutor este menţinută, prin conducta colectoare.

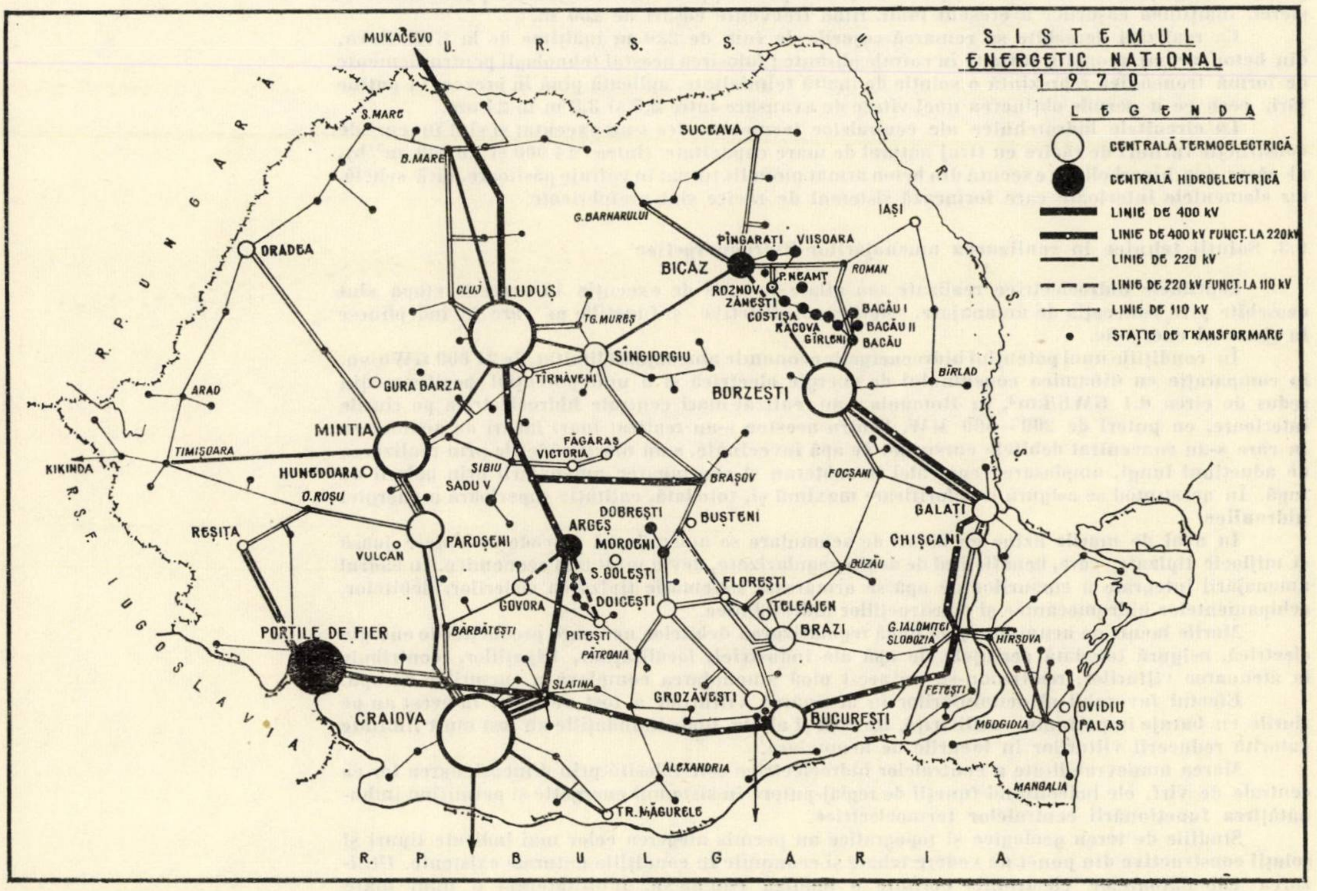
La aceste centrale s-au instalat în continuare cazane de 420 t/h, 140 at şi 570°C semiexterioare, avînd peretele din spate şi preîncălzitorul de abur montate în aer liber.

În acest interval s-a instalat un cazan exterior de tip turn, de 400 t/h, funcţionînd cu gaze naturale, care a fost dat în exploatare la centrala Sîngeorgiu, ceea ce a confirmat că şi în ţara noastră se pot aplica soluţii de acest gen.

Se remarcă darea în exploatare a primelor două cazane de 420 t/h de la CET Galaţi pentru arderea a patru feluri de combustibil (gaze de furnal, gaze de cocs, gaze naturale şi păcură), care permit valorificarea produselor secundare de la Combinatul siderurgic Galaţi.

Referitor la turbinele cu abur, în această perioadă s-au instalat şi dat în exploatare grupuri de 315, 200 şi 100 MW, faţă de grupurile de 150 şi 100 MW instalate în perioada anterioară. Ca trăsături caracteristice ale acestor grupuri se remarcă siguranţa de funcţionare sporită, economicitatea ridicată şi mai ales elasticitatea de funcţionare (duratele de pornire şi încărcare

Fig. 11


SISTEMUL
ENERGETIC NATIONAL
1970
LEGENDA
CENTRALĂ TERMOELECTRICĂ
CENTRALĂ HIDROELECTRICĂ
LINIE DE 400 kV
LINIE DE 400 kV FUNCŢ. LA 220 kV
LINIE DE 220 kV
LINIE DE 220 kV FUNCŢ. LA 110 kV
LINIE DE 110 kV
STAŢIE DE TRANSFORMARE
MUKAČEVO
U. R. S. S.
R. P. UNGARĂ
R. S. F. IUGOSLAVIA
R. P. BULGARIA
S. MARE
B. MARE
SUCEAVA
G. BARNARULUI
IAŞI
PÎNGARAŢI
VIIŞOARA
BICAZ
P. NEAMŢ
ROMAN
ROZNOV
ZĂNEŞTI
COSTIŞA
RACOVA
GÎRLENI
BACĂU I
BACĂU II
BACĂU
ORADEA
CLUJ
LUDUŞ
TG. MUREŞ
SÎNGIORGIU
TÎRNĂVENI
GURA BARZA
BÎRLAD
BORZEŞTI
ARAD
MINTIA
TIMIŞOARA
KIKINDA
HUNEDOARA
FĂGĂRAŞ
VICTORIA
SIBIU
SADU V
BRAŞOV
FOCŞANI
O. ROŞU
DOBREŞTI
BUŞTENI
GALAŢI
REŞIŢA
PAROŞENI
ARGEŞ
MOROENI
CHIŞCANI
VULCAN
S. GOLEŞTI
DOICEŞTI
BUZĂU
FLOREŞTI
GOVORA
TELEAJEN
PORŢILE DE FIER
BĂRBĂTEŞTI
PITEŞTI
PĂTROAIA
BRAZI
G. IALOMIŢEI
SLOBOZIA
HÎRŞOVA
SLATINA
FETEŞTI
CRAIOVA
GROZĂVEŞTI
BUCUREŞTI
MEDGIDIA
OVIDIU
PALAS
ALEXANDRIA
MANGALIA
TR. MĂGURELE

sînt reduse : 70 – 80 minute după o oprire de 8 ore şi 5 ore din stare rece, pentru un grup de 315 MW).

Ţinînd seama de specificul amplasării centralelor termoelectrice, majoritatea circuitelor de răcire au fost realizate de tip mixt, ceea ce a impus în continuare realizarea unor turnuri de răcire de capacitate ridicată. În perioada 1966 – 1970 s-au dat în funcţiune turnuri de răcire de 20 000 m³/h la CET Craiova, faţă de turnuri de răcire de 10 000 m³/h construite în perioada precedentă.

O dată cu creşterea utilizării cărbunilor în centralele termoelectrice, o atenţie deosebită a fost acordată gospodăriilor de combustibil, realizîndu-se soluţii moderne de mare eficienţă şi tehnicitate. În acest sens se citează gospodăria de combustibil de la CTE Deva, la care s-au realizat construcţii supraterane atît pentru descărcarea cărbunilor, cît şi pentru transportul lui, obţinîndu-se totodată costuri de investiţii reduse. Manipularea combustibilului în depozit se face cu agregate mobile de mare productivitate care înlocuiesc buldozerele şi benzile transportoare folosite în depozitele de cărbune realizate anterior, cum ar fi depozitul de cărbune de la CET Craiova.

În domeniul automatizării centralelor termoelectrice moderne pentru mărirea siguranţei şi economicităţii blocurilor energetice, includerea acestora în sistemele automate de reglare a frecvenţei a condus la modificări calitative şi cantitative în structura sistemelor de informaţie, reglare, comandă şi protecţie.

Folosirea generalizată a operaţiei de reglare şi măsurare electronică cu performanţe ridicate a permis realizarea unor scheme de automatizare a blocurilor de 200 şi 315 MW, caracterizate prin :

— reglarea intercorelată a cazanului şi a turbinei ;

— extinderea domeniului reglajului pînă la nivelul sarcinii minime şi stabilizarea parametrilor de pornire ;

— scheme complexe de protecţie cu siguranţă mărită şi cu verificarea automată a funcţionării corecte etc.

Un nivel modern s-a atins prin introducerea calculatoarelor electronice la două centrale (Luduş şi Craiova), cu funcţii de tratare a informaţiei. În prezent se fac cercetări pentru definitivarea cît mai exactă a funcţiilor şi algoritmelor, precum şi a eficienţei economice a acestora.

Dacă în trecut clădirile principale ale centralelor termoelectrice se construiau cu stîlpi şi planşee din beton armat monolit folosind cofraje fixe, schele şi eşafodaje, în prezent s-au aplicat soluţii şi tehnologii de execuţie adecvate în scopul micşorării manoperei specifice, măririi vitezei de execuţie, economisirii de materiale deficitare (lemn, metal) şi reducerii costului. Astfel, clădirile principale s-au realizat din schelet de beton armat în cofraje glisante, sau în sistem mixt şi schelet de beton armat din prefabricate grele închise cu panouri prefabricate pentru faţade. Clădirile auxiliare au fost în general comasate şi uniformizate, iar amplasarea lor s-a făcut foarte aproape de frontul fix al centralei.

O dată cu creşterea puterii instalate în centrale, cu folosirea mai intensă a lignitului, a păcurii cu conţinut ridicat de sulf şi cu înăsprirea prescripţiilor sanitare privind poluarea atmosferei, înălţimea coşurilor a crescut mult, fiind frecvente coşuri de 200 m.

Ca realizări deosebite se remarcă coşurile de fum de 220 m înălţime de la CTE Deva, din beton armat monolit turnate în cofraje glisante ; folosirea acestei tehnologii pentru elemente de formă tronconică reprezintă o soluţie de înaltă tehnicitate, aplicată pînă în prezent în puţine ţări, ceea ce a permis obţinerea unei viteze de avansare între 2,5 şi 3,8 m în 24 ore.

La circuitele hidrotehnice ale centralelor termoelectrice s-au executat şi sînt în curs de construcţie turnuri de răcire cu tiraj natural de mare capacitate (între 14 000 şi 28 000 m³/h), al căror coş hiperbolic se execută din beton armat monolit turnat în cofraje păşitoare, fără schelă, iar elementele interioare care formează sistemul de răcire sînt prefabricate.

6.3. Soluţii tehnice în realizarea amenajărilor hidroenergetice

Centralele hidroelectrice realizate sau aflate în curs de execuţie în această etapă sînt deosebite prin concepţia de amenajare, soluţiile constructive şi funcţiile pe care le îndeplinesc în sistemul energetic.

În condiţiile unui potenţial hidroenergetic economic amenajabil limitat, de 24 000 GWh/an, în comparaţie cu dinamica consumului de energie electrică şi a unui potenţial specific mediu redus de circa 0,1 GWh/km², în România s-au realizat mari centrale hidroelectrice pe rîurile interioare, cu puteri de 200 – 500 MW. Pentru acestea s-au realizat mari lacuri de acumulare în care s-au concentrat debitele cursurilor de apă învecinate, s-au mărit căderile prin realizarea de aducţiuni lungi, amplasarea centralei în subteran şi continuarea amenajării prin galerii de fugă. În acest mod se asigură o valorificare maximă şi, totodată, calitativ superioară a energiei hidraulice.

În aval de marile uzine cu lacuri de acumulare se amenajează cascade de cădere joasă şi mijlocie tipizate, care, beneficiind de debite regularizate, devin mult mai economice. În cadrul amenajării integrale a cursurilor de apă se urmăreşte sistematic tipizarea căderilor, debitelor, echipamentelor hidromecanice şi construcţiilor hidrotehnice.

Marile lacuri de acumulare, pe lîngă regularizarea debitelor necesare producţiei de energie electrică, asigură totodată cerinţele de apă ale industriei, localităţilor, irigaţiilor, contribuie la atenuarea viiturilor, realizîndu-se în acest mod amenajarea complexă a cursurilor de apă.

Efectul favorabil al acumulărilor în atenuarea viiturilor a fost verificat în acest an pe rîurile cu baraje importante, ca Bistriţa, Bîrzava şi altele, unde inundaţiile au fost mult limitate datorită reducerii viiturilor în lacurile de acumulare.

Marea manevrabilitate a centralelor hidroelectrice este folosită prin dimensionarea lor ca centrale de vîrf, ele îndeplinind funcţii de reglaj-putere în sistemul energetic şi permiţînd îmbunătăţirea funcţionării centralelor termoelectrice.

Studiile de teren geologice şi topografice au permis alegerea celor mai indicate tipuri şi soluţii constructive din punct de vedere tehnic şi economic în condiţiile naturale existente. Utilizarea calculatoarelor electronice permite o analiză complexă, multilaterală a unui mare număr de variante şi luarea de decizii fundamentate. Astfel, ca exemplu poate servi diverisficarea tipurilor de baraje realizate sau aflate în curs de construcţie : baraje de beton în arc, cu contraforţi-ciupercă, cu rosturi lărgite, evidate ; baraje de anrocamente cu sîmbure central de argilă, cu mască de beton armat etc.

Preocuparea pentru valorificarea maximă a potenţialului hidroenergetic se poate pune în evidenţă prin regimul de exploatare cu nivel variabil adoptat la SHEN Porţile de Fier, care permite ca debitele mici ale Dunării să fie folosite sub o cădere mai mare, obţinîndu-se în acest fel o producţie suplimentară importantă. Totodată, prin realizarea acestei grandioase lucrări se rezolvă radical problema navigaţiei pe sectorul cel mai dificil al Dunării, Porţile de Fier, a cărui capacitate, limitată la un trafic de 12 milioane t/an, se va ridica la 40 milioane t/an ca urmare a lucrărilor realizate, eliminînd astfel principalul punct de strangulare a navigaţiei pe Dunărea mijlocie şi inferioară.

6.4. Soluţii tehnice în realizarea reţelelor electrice

Perioada 1966 – 1970 marchează pentru energetica din ţara noastră o etapă deosebită, cu rezultate valoroase în soluţionarea unor probleme legate de dezvoltarea reţelelor electrice. Direcţiile principale care au fost urmărite în abordarea problemelor pot fi concretizate în următoarele :

— realizarea de elemente constructive pentru linii şi staţii electrice cu performanţe ridicate ;

— reducerea, la proiectare şi execuţie, a consumurilor specifice de materiale şi în special a celor de metal şi lemn ;

— folosirea pe scară largă a proiectelor-tip şi refolosibile, precum şi a prefabricatelor industriale ;

— optimizarea soluţiilor constructive pentru fiecare linie, staţie sau post de transformare, în vederea reducerii maximale a efortului de investiţii şi a obţinerii unui grad ridicat de folosire a terenului ;

— realizarea unei siguranţe mărite în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor.

La liniile electrice aeriene au continuat preocupările pentru optimizarea soluţiilor tuturor elementelor. Stîlpii de metal pentru toate tensiunile au fost reproiectaţi în vederea reducerii metalului. Pentru liniile de 400 kV au fost întocmite proiecte de stîlpi cu profile subţiri, cu aripi cu unghi de 60° şi caracteristici îmbunătăţite la flambaj, soluţii care vor aduce economii de metal în valoare de 7 – 8 % faţă de soluţiile cu profile normale. La liniile de medie tensiune s-a extins folosirea stîlpilor din beton precomprimat, reducîndu-se astfel consumul de metal global pe km de linie de aproape 3 ori faţă de liniile echipate cu stîlpi executaţi cu armătură normală.

O atenţie deosebită a fost acordată problemei izolaţiei liniilor electrice aeriene în vederea creşterii gradului de siguranţă în exploatare. Liniile de foarte înaltă tensiune au fost echipate cu izolatoare cu performanţe ridicate de tip baston, iar cele de medie tensiune au început să fie echipate în ultimii ani cu izolatoare nestrăpungibile.

S-a început utilizarea izolatoatelor de sticlă, care conduc la avantaje mari în ceea ce priveşte ieftinirea investiţiilor şi mărirea gradului de siguranţă în exploatare.

Ţinîndu-se seama de experienţa de exploatare, în această perioadă s-a finalizat realizarea unor dispozitive de prindere a conductoarelor, cum ar fi clemele de susţinere pentru liniile de 400 kV, clemele pentru izolatoare nestrăpungibile, piese de prindere pentru realizarea branşamentelor de joasă tensiune cu conductoare izolate torsadate şi altele.

Soluţiile aplicate la realizarea lucrărilor din staţiile de transformare se caracterizează prin obţinerea unor importante reduceri ale volumului de construcţii.

La staţiile de 220 kV, prin aplicarea unei soluţii tehnologice noi de descentralizare a circuitelor de protecţie şi de comandă, partea de construcţii s-a redus cu circa 50 % faţă de soluţia cu protecţie şi comandă centralizată.

Pe partea electrică, folosirea unor aparataje şi utilaje cu calităţi superioare a condus la posibilitatea simplificării schemelor. La staţiile de injecţie în reţelele urbane, prin realizarea transformatoarelor cu tensiune de scurtcircuit cuprinsă între 18 – 20 % s-a renunţat la folosirea bobinelor de reactanţă pentru reducerea curenţilor de scurtcircuit, chiar pentru transformatoare pînă la 40 MVA.

La protecţia transformatoarelor de mare putere contra defectelor interioare a început să se folosească protecţia de cuvă, soluţie care conduce în primul rînd la renunţarea montării reductoarelor de intensitate la staţiile de tip racord adînc şi la simplificarea circuitelor de protecţie.

Perioada 1966 – 1970 se remarcă totodată prin proiectarea şi execuţia pentru prima dată în ţară a staţiilor de 400 kV care vor intra în funcţiune începînd din anul 1971.

Pentru posturile de transformare au fost întocmite noi proiecte-tip prin care s-au îmbunătăţit soluţiile constructive, iar partea electromecanică prezintă o siguranţă mai mare în exploatare.

7. PRODUCEREA ÎN ŢARĂ A ECHIPAMENTELOR, UTILAJELOR ŞI APARATAJELOR NECESARE INSTALAŢIILOR ENERGETICE

Industria constructoare de maşini din ţara noastră a avut un aport deosebit la realizarea lucrărilor energetice din perioada 1966 – 1970.

Pentru echiparea centralelor termoelectrice s-au asimilat şi se fabrică în ţară grupuri de diverse puteri, pînă la 50 MW. Gama cazanelor a fost şi ea lărgită prin punerea în fabricaţie a cazanelor de abur de 120 şi 420 t/h, precum şi a cazanelor de apă fierbinte de 50 şi 100 Gcal/h. Ca o realizare de vîrf poate fi consemnată punerea în fabricaţie a grupului de condensaţie de 330 MW şi a cazanului de 1035 t/h cu parametri la nivelul ultimelor realizări din tehnica mondială.

Industria constructoare de maşini a adus o contribuţie deosebită şi la realizarea lucrărilor hidroenergetice. În perioada 1966 – 1970, din 26 agregate puse în funcţiune în centralele hidroelectrice, 18 sînt concepute şi realizate în ţară. Se menţionează în special fabricarea a trei grupuri de 178 MW care urmează a fi puse în funcţiune în acest an la centrala de la Porţile de Fier.

De asemenea, industria electrotehnică a cunoscut în perioada 1966 – 1970 o dezvoltare deosebită, ceea ce a făcut posibil ca instalaţiile electrice să fie realizate practic în întregime cu utilaj şi aparataj fabricat în ţară. În această perioadă s-au asimilat şi pus în fabricaţie pentru prima dată întrerupătoare, separatoare, transformatoare de măsură pentru tensiunile de 220 – 400 kV, s-au asimilat noi întrerupătoare pentru 0,4 – 110 kV cu caracteristici superioare celor care se fabricau anterior.

Succese remarcabile s-au înregistrat şi în fabricarea transformatoarelor. În prezent în România se produc, pe lîngă transformatoarele de toate puterile solicitate pînă la tensiunea 110 kV inclusiv, autotransformatorul de 200 MVA 220/110 kV, transformatorul de 190 MVA pentru grupurile de la Porţile de Fier şi autotransformatorul de 400 MVA, 400/220 kV.

8. CONDUCEREA SISTEMULUI ENERGETIC

În cincinalul care a trecut, pentru realizarea unei conduceri moderne a sistemului energetic s-au dezvoltat instalaţiile dispecerului naţional, realizîndu-se un nou sediu care a fost dotat cu o serie de instalaţii de înaltă performanţă, cum ar fi :

— o reţea de telecomunicaţii proprie, realizată prin sisteme de curenţi purtători pe linii de înaltă tensiune, prin radiorelee şi cabluri telefonice ;

— legături telefonice rapide cu punctele energetice de sub comanda sa ;

— instalaţii de transmitere a telemăsurilor şi telesemnalizărilor necesare cunoaşterii continue a situaţiei din întregul sistem energetic naţional ;

— instalaţii de transmitere la distanţă, prin telex, de dispoziţii, programe de funcţionare în vederea descongestionării reţelei telefonice şi a urmăririi responsabilităţii acţiunilor ;

— instalaţie de reglaj frecvenţă-putere care permite efectuarea reglajului cu ajutorul unor centrale specializate, ca şi controlul puterii de schimb pe liniile de interconexiune cu Cehoslovacia şi Bulgaria, prin aceasta îmbunătăţindu-se condiţiile funcţionării interconectate a sistemului energetic românesc cu sistemele energetice ale altor ţări.

În scopul unei exploatări cît mai perfecţionate şi economice, în condiţiile unor exigenţe sporite ale consumatorilor, dispecerul naţional a fost dotat cu un calculator propriu tip ELIOTT-4120, cu ajutorul căruia se prelucrează informaţiile şi se stabilesc programul şi regimul de funcţionare optim ale sistemului energetic.

9. STUDII ŞI CERCETĂRI EFECTUATE

Atît în cadrul lucrărilor de cercetare, cît şi în cadrul studiilor de dezvoltare a sistemului energetic, s-a căutat să se stabilească cele mai eficiente căi pentru optimizarea soluţiilor de dezvoltare şi funcţionare a sistemului energetic. În acest scop s-a utilizat tehnica modernă de calcul, de mare eficienţă. Astfel, pentru studiul dezvoltării sistemului energetic s-a făcut apel la calcule operaţionale, elaborîndu-se şi utilizîndu-se un model bazat pe programarea liniară şi dinamică pentru dezvoltarea centralelor şi reţelelor electrice.

Comportarea sistemului energetic în diverse regimuri normale şi de avarie se analizează pe baza unor metode fie clasice, trecute pe calculator (calcule de stabilitate, curenţi de scurtcircuit etc.), fie moderne (calcule de supratensiuni, alegerea schemelor, regimuri nesimetrice etc.). Printre acestea din urmă se menţionează teoria analizei nodale, teorie originală românească (ing. P. Dimo) introdusă în folosinţa curentă pentru analiza comportării sistemului energetic şi recent, pe baza acestei teorii, realizarea unui dispozitiv de vizualizare numit „anagraf".

Această întreagă activitate a necesitat elaborarea a peste 140 de programe de calcul şi utilizarea lor intensivă la diversele calculatoare accesibile.

Nevoile tot mai mari de calcul au determinat organizarea unui centru de calcul al Ministerului Energiei Electrice, care pe lîngă actualele calculatoare de performanţe reduse va fi dotat în acest an cu un calculator IRIS-50 cu performanţe sporite, care va permite atît rezolvarea tuturor necesităţilor de calcul tehnice, cît şi abordarea unor noi probleme economice, cum ar fi cele privind gestiunea în cadrul Ministerului Energiei Electrice.

Pentru dimensionarea instalaţiilor energetice există o serie de programe de calcul, astfel încît în prezent o serie de elemente se proiectează în mod curent cu ajutorul calculatorului, cum ar fi : stîlpii şi conductoarele liniilor aeriene, structuri statice în construcţii, dimensionări de conducte termice, coşuri de fum, diverse calcule electrice, mecanice, hidrotehnice etc.

În domeniul construcţiilor hidroenergetice se semnalează, de asemenea, o intensă valorificare a lucrărilor de cercetare. Astfel, soluţiile noi adoptate în proiecte, ca rezultat al cercetărilor, se concretizează prin adoptarea în proiecte a dimensiunilor şi formelor rezultate din investigaţiile din laboratoare, printre care soluţiile pentru ecluza de la Porţile de Fier, evacuatoare-disipatoare, forme şi dimensiuni ale structurilor ca cele de la barajul Argeş etc. Notăm, de asemenea, că datorită rezultatelor cercetărilor s-a putut produce în ţară, pe baza rezultatelor obţinute de institutele de cercetare ale Ministerului Energiei Electrice în colaborare cu Ministerul Construcţiilor Industriale, aditivul plastifiat Disan, întrebuinţat cu bune rezultate ca adaos la betoanele construcţiilor hidrotehnice, iar pe baza cercetărilor unităţilor proprii s-a produs banda de etanşare din material plastic a rosturilor barajelor, materiale folosite curent în lucrările noastre, înlocuitoare ale celor din import.

10. DEZVOLTAREA INSTALAŢIILOR ENERGETICE ÎN URMĂTORII ANI

În cincinalul 1971 – 1975 sectorul energetic cunoaşte, în ansamblul economiei naţionale, un ritm ridicat de dezvoltare, depăşind valoarea medie de 11 %, ceea ce va permite ca în anul 1975 producţia de energie electrică să ajungă la valoarea de 59 TWh, iar cea de căldură la 57 mil. Gcal. Realizarea acestei producţii se va face atît printr-o exploatare intensivă a instalaţiilor existente, cît şi prin montarea unei noi puteri de circa 6000 MW în unităţile de producţie.

Realizarea punerilor în funcţiune a capacităţilor la termenele prevăzute în planul de stat a necesitat ca lucrările la o serie de obiective mari să înceapă înainte de 1 ianuarie 1971. Astfel, au fost atacate lucrările la :

— Rovinari, centrală de condensaţie instalată la gura minei, a cărei putere finală va fi de 1720 MW (2 × 200 MW şi 4 × 330 MW), primul grup de 200 MW urmînd să intre în funcţiune în cursul acestui an.

— Brăila, centrală de condensaţie cu un profil final de 1600 MW, din care o primă etapă, de 630 MW (3 × 210 MW), va fi realizată în actualul cincinal.

— Govora, centrală de termoficare de 2 × 50 MW, cu grupuri de fabricaţie românească.

— Brazi, etapele 2 × 200 MW cu grupuri de condensaţie şi 2 × 105 MW cu grupuri de termoficare urbană.

Un însemnat volum de investiţii, ca şi de lucrări de construcţii şi montaj, s-a efectuat în cincinalul 1966 – 1970 şi pentru centralele hidroelectrice care urmează să intre în funcţiune în perioada 1971 – 1975. În afară de Centrala hidroelectrică Porţile de Fier, la care ultimele trei agregate de 178 MW vor intra în funcţiune în acest an, un însemnat volum de lucrări s-a realizat la hidrocentrala de pe Lotru, care va avea o putere de 500 MW, şi la cele de pe Argeş-aval ; de asemenea, a început realizarea cascadelor de hidrocentrale de pe Someşul Mic şi Olt. În acest mod sînt atacate aproape toate şantierele centralelor hidroelectrice care sînt prevăzute a fi date în exploatare pînă în 1975.

Se va continua realizarea sistemului energetic de înaltă tensiune prin construirea de noi linii de transport şi staţii de transformare de 220 kV şi 400 kV, pentru a întregi arterele de transport şi a permite transportul puterii din zonele excedentare spre cele deficitare în cele mai bune condiţii.

Cincinalul 1971 – 1975 va marca totodată şi terminarea electrificării rurale, cu care ocazie se vor înregistra progrese importante în extinderea utilizării energiei electrice în scopuri casnice şi în agricultură.

Începerea unui nou cincinal va fi marcată şi printr-o intensificare a preocupărilor pentru ridicarea calităţii activităţii în toate compartimentele Ministerului Energiei Electrice. În sectoarele de proiectare şi execuţie atenţia va fi concentrată spre găsirea unor noi soluţii care să conducă la ieftinirea lucrărilor de investiţii, reducerea consumului de metal şi lemn, obţinerea unor indicatori de eficienţă sporită şi mărirea gradului de siguranţă în exploatare.

La centralele termoelectrice se va restudia amplasarea utilajelor de bază pentru reducerea volumului de construcţii şi, totodată, se va extinde şi mai mult amplasarea instalaţiilor în aer liber. Turnurile de răcire care se vor realiza la centrale vor fi de debite mari, între 25 000 – 40 000 m^3/h.

La lucrările de centrale hidroelectrice se va trece la folosirea pe scară largă a barajelor din materiale locale, care prezintă avantaje în ceea ce priveşte reducerea consumului de metal.

Se vor realiza şi proiecta centrale hidroelectrice echipate cu grupuri-bulb, care prezintă o serie de avantaje tehnico-economice faţă de echiparea centralelor cu grupuri clasice.

La liniile electrice aeriene se vor îmbunătăţi tipurile de stîlpi. Pentru înalta tensiune stîlpii vor fi confecţionaţi din oţeluri superioare inoxidabile, iar la medie şi joasă tensiune se va asimila o nouă gamă de stîlpi precomprimaţi cu caracteristici superioare celor care se fabrică în prezent.

Se va trece la folosirea conductoarelor Al coro, cu caracteristici superioare celor din aluminiu, care vor conduce la ieftinirea liniilor şi mărirea gradului de siguranţă în exploatare. Izolaţia liniilor se va îmbunătăţi şi mai mult prin folosirea pe scară largă a izolatoarelor de sticlă.

Îmbunătăţirea exploatării instalaţiilor de producere, transport şi distribuţie a energiei electrice şi a căldurii va fi o preocupare majoră a Ministerului Energiei Electrice. Pe lîngă măsurile tehnico-organizatorice care se vor lua pentru ridicarea calităţii exploatării, întreţinerii şi reparării instalaţiilor, se va face un pas important pentru ca specialiştii din Ministerul Energiei Electrice să aibă o participare directă la ridicarea calităţii produselor furnizate de diverse întreprinderi. Se vor intensifica cercetările proprii pentru stabilirea unor condiţii tehnice care trebuie să fie respectate de către furnizori.

Pentru sectorul energetic sarcinile cincinalului 1971 – 1975 sînt mobilizatoare, iar măsurile care au fost luate şi experienţa ciştigată sînt elemente hotărîtoare care ne îndreptăţesc să afirmăm că şi în anii ce urmează realizările noastre vor depăşi prevederile planului.

Centrala termoelectrică Deva (Mintia)

Ing. **R. Zbarcea** [*)]

1. Generalități și studii pentru stabilirea amplasamentului

Planul de electrificare a țării pentru perioada 1966–1975 a prevăzut, printre alte obiective energetice de mare importanță, construirea unei centrale termoelectrice cu o putere instalată de 800 MW în prima etapă, folosind huile energetice din bazinul carbonifer Valea Jiului.

În funcție de dezvoltarea consumului de energie electrică, de posibilitățile de procurare a echipamentului principal și de condițiile de asigurare cu combustibil a centralei, a rezultat oportună instalarea în prima etapă a patru grupuri turbogeneratoare de condensație a cîte 200 MW fiecare și patru cazane de abur de 660 t/h fiecare, cu parametrii 140 ata, 550 °C.

Pentru stabilirea amplasamentului optim al centralei, studiile tehnico-economice întocmite de Institutul de studii și proiectări energetice au luat în considerare condițiile de alimentare cu combustibil, asigurarea cu apă de răcire, posibilitățile de evacuare a puterii în sistemul electroenergetic național, natura terenului, apropierea de centrele populate sub aspectul procurării forțelor de muncă și al dezvoltării zonelor învecinate. Totodată, știind că centrala era prevăzută să funcționeze numai pe cărbune (huile de Valea Jiului), o problemă care a determinat în mare măsură alegerea amplasamentului a fost asigurarea limitelor de nocivitate (cenușă zburătoare și bioxid de sulf).

Deoarece huilele din bazinul carbonifer Valea Jiului au o putere calorifică medie inferioară, de circa 4200 kcal/kg, problema transportului de cărbune nu a mai fost hotărîtoare în alegerea amplasamentului. Pentru o centrală termoelectrică funcționînd cu cărbune superior, amplasarea față de bazinul carbonifer trebuie analizată comparativ cu transportul energiei electrice, pe bază de calcule tehnico-economice, distanța pînă la sursa de cărbune putînd ajunge la 100 km în cazul transportului pe calea ferată și pînă la 300 km pentru transportul hidraulic. Pe baza acestor elemente, studiile tehnico-economice întocmite de ISPE în 1964–1965 au analizat următoarele variante de amplasare:

a) În bazinul carbonifer Valea Jiului, la Iscroni (Livezeni), pe rîul Jiu.

b) La nord de bazinul carbonifer, pe rîul Mureș: Turdaș, Simeria, Deva (Mintia).

c) La sud de bazinul carbonifer, pe rîul Jiu: Bumbești, Vădeni 1, Vădeni 2, Iași (Gorj), Băilești (Tg. Jiu), Țînțăreni (Filiași).

Variantele de pe rîul Jiu, la sud de bazinul carbonifer, nu au putut fi acceptate din cauza unor considerente de natură economică, și anume:

— costuri importante pentru alimentarea cu apă de răcire și pentru apa de adaos (circuit mixt, acumulări etc.);

— dificultăți în evacuarea puterii în sistem către zonele deficitare din Transilvania.

Amplasamentele de pe rîul Mureș, mai depărtate de bazinul carbonifer, ofereau condiții mai bune pentru alimentarea cu apă de răcire, fiind și în apropierea zonei de consum a puterii. Totuși, dintre variantele studiate pe rîul Mureș, cele de la Turdaș și Simeria au reieșit dezavantajoase în comparația tehnico-economică, din următoarele motive:

— pentru Simeria: zona este inundabilă, prezintă condiții grele de fundare din cauza pînzei freatice la nivelul solului, ar fi necesitat lucrări grele și costisitoare pentru racordarea la calea ferată (5–6 km lungime de cale, două poduri și două pasaje denivelate);

— pentru Turdaș: terenul este foarte accidentat (în terase), alimentarea cu apă de răcire nu se putea realiza decît în circuit mixt și cu două trepte de pompare, iar limitele de no-

---

[*)] Romeo Zbarcea este șeful de proiect complex al CTE Deva în cadrul ISPE.

civitate ar fi fost depășite din cauza surselor existente în centrul Călan.

În final, în comparația tehnico-economică au rămas amplasamentele Deva (Mintia) pe Mureș și Iscroni (Livezeni), în bazinul carbonifer Valea Jiului, care evidențiau indicatori de eficiență economică comparabili. Analiza de detaliu a acestor două variante a condus la următoarele constatări :

— Criteriul apropierii de sursa de cărbune era în favoarea amplasamentului Iscroni (Livezeni).

Pentru amplasarea centralei pe huilă la Deva (Mintia) a rezultat, pe baza studiilor întocmite de Ministerul Căilor Ferate, necesitatea executării unor lucrări la calea ferată care presupuneau alocarea unor fonduri importante, dar aduceau esențiale îmbunătățiri întregului transport feroviar pe porțiunea Petroșani-Simeria (centralizarea electrodinamică, modernizarea stațiilor, mărirea traficului cu încă trei perechi de trenuri pe zi), îmbunătățiri care erau oricum necesare.

— Alimentarea centralei cu apă de răcire în circuit deschis, la profilul de 800 MW, necesită un debit de 109 036 m^3/h și încă 1200 m^3/h pentru evacuarea hidraulică a zgurei și cenușii, adică un total de 29,2 m^3/s.

Pentru amplasamentul Deva (Mintia), rîul Mureș putea să alimenteze centrala cu apă de răcire în circuit deschis, pentru profilul de 800 MW, cu o asigurare de 97%, în timp ce rîul Jiu, în zona amplasamentului Iscroni (Livezeni), putea asigura debitul necesar în proporție de numai 20%, ceea ce impune un circuit închis pentru alimentarea cu apă de răcire, turnuri și un debit de 1,5 m^3/s pentru apa de adaos. Avînd în vedere consumatorii de apă existenți sau în perspectivă care afectează rîul Jiu, pe baza studiilor efectuate a rezultat că pentru amplasamentul Iscroni era necesară o acumulare pe rîul Taia, un afluent al Jiului de est, cu un volum de 10 milioane m^3 și un baraj de captare, ceea ce ar fi condus la un spor de 100 milioane lei la investiții și de circa 3 milioane lei/an la cheltuieli anuale, în comparație cu amplasamentul Deva (Mintia).

— Evacuarea puterii în sistemul electroenergetic național nu prezenta dificultăți în cazul amplasamentului Deva, iar din punctul de vedere al circulațiilor de puteri avea avantajul apropierii de zona de consum, în comparație cu amplasamentul pe Valea Jiului.

De asemenea, în cazul amplasării centralei pe huilă la Iscroni, din cauza terenului limitat stațiile exterioare trebuiau amplasate la o distanță de circa 25 km, lîngă localitatea Bănița. Aceste lucrări ar fi necesitat un spor de 90,8 milioane lei la investiții și 5,8 milioane lei/an la cheltuieli de exploatare, pentru amplasamentul Iscroni, în comparație cu amplasamentul Deva (Mintia).

— Ambele amplasamente necesitau lucrări pentru amenajarea terenului.

În amplasamentul Deva (Mintia) era necesară devierea drumului național, lucrări de regularizare pe rîul Mureș în zona centralei și nivelarea terenului. Terenul de la Deva (Mintia) oferea cele mai bune condiții pentru amplasarea unei centrale de 800 MW, permițînd extinderea centralei chiar pînă la un profil de 1600 MW.

Pentru amplasarea unei centrale de 800 MW la Iscroni, erau necesare lucrări de amenajare foarte grele și costisitoare, și anume : devierea Jiului de vest, a căii ferate normale și a drumului național, strămutarea a circa 120 de gospodării individuale, precum și importante lucrări de nivelare, lucrări care conduceau la scumpirea investițiilor în centrală cu circa 147 milioane lei și o durată de execuție mai mare.

— Problema nocivităților produse prin arderea cărbunilor a constituit unul dintre criteriile importante în alegerea amplasamentului.

Astfel, în amplasamentul Deva (Mintia), datorită absenței altor surse de nocivități, concentrațiile de bioxid de sulf nu depășesc norma sanitară atît în ceea ce privește concentrația maximă momentană, cît și concentrația medie zilnică, chiar pentru profilul de 1600 MW. La Iscroni, din cauza surselor existente (CTE Paroșeni, triajele CFR, spălătoriile de cărbune, centralele termice mici și gospodăriile individuale), concentrațiile de bioxid de sulf puteau atinge valoarea momentană de 1 mg/m^3 și media zilnică de 0,36 mg/m^3, depășind astfel norma sanitară chiar pentru profilul de 800 MW. La aceasta contribuiau în defavoarea amplasamentului Iscroni și condițiile meteorologice, caracterizate prin calm atmosferic și inversiuni.

Numai prin luarea unor măsuri speciale împotriva surselor de poluare existente, precum și prin asigurarea trecerii parțiale a centralei pe gaze (circa 50%), în cazul depășirii limitei impuse de norme, s-ar fi putut amplasa centrala pe huilă la Iscroni, dar cu o putere limitată la 800 MW.

— Asigurarea cu forțe de muncă oferea condiții foarte avantajoase în cazul amplasamentului Deva (Mintia), depărtarea de oraşul Deva fiind de numai 7 km. La Iscroni, în bazinul Văii Jiului, asigurarea cu forţe de muncă ridica probleme dificile atît din cauza depărtării de oraş, cît şi din cauza lipsei de forţe de muncă.

Comparaţia tehnico-economică a amplasamentelor Deva (Mintia) şi Iscroni (Livezeni) a condus la o diferenţă de 5,1 milioane lei/an în favoarea variantei Deva, luînd în considerare investiţiile şi cheltuielile de exploatare legate de realizarea lucrărilor în centrală, asigurarea cu apă, transportul cărbunelui şi evacuarea puterii în sistemul electroenergetic naţional.

În afara rezultatelor comparaţiei tehnicoeconomice, varianta Iscroni (Livezeni) nu a putut fi acceptată deoarece ridica probleme extrem de dificile pentru limitarea nocivităţilor, excluzînd din această cauză şi posibilitatea de extindere a centralei peste profilul de 800 MW. De asemenea, amplasamentul Iscroni necesita un volum mare de lucrări şi, totodată, un surplus de investiţii pentru asigurarea cu apă a centralei, evacuarea puterii în sistemul electroenergetic naţional şi amenajarea teritoriului centralei, ceea ce ar fi influenţat negativ şi asupra termenului de punere în funcţiune.

Pentru toate aceste considerente, în final s-a propus şi s-a aprobat amplasarea centralei pe huilă, cu un profil de 800 MW în prima etapă, la Deva, lîngă comuna Mintia.

2. Planul general al centralei

La amplasarea obiectelor şi instalaţiilor centralei s-au avut în vedere posibilităţile de racordare la calea ferată Deva—Arad, la drumul naţional DN 7, la principalele utilităţi (apă, gaze, canalizări), precum şi prevederea culoarelor necesare pentru liniile electrice aeriene de 110, 220 şi 400 kV.

În alcătuirea planului general s-a ţinut seama şi de necesitatea amplasării obiectelor centralei pe o fişie de teren relativ îngustă, precum şi de realizarea unor distanţe cît mai scurte pentru canalele de aducţiune şi evacuare a apei de răcire. Aceasta s-a obţinut prin amplasarea staţiilor electrice exterioare de 110, 220 şi 400 kV în lateral faţă de clădirea principală, în direcţia frontului fix.

Legăturile cu căile de comunicaţie exterioare s-au realizat prin racordarea la drumul naţional DN 7 şi la calea ferată printr-o linie de racord din staţia de cale ferată Mintia.

Pentru degajarea amplasamentului centralei au fost necesare o serie de lucrări, dintre care enumerăm pe cele mai importante :

— devierea drumului naţional DN 7 pe o lungime de 4,4 km ;

— demolarea şi strămutarea a trei locuinţe săteşti ;

— lucrări de nivelare a terenului : 121 000 m³ săpături şi circa 68 000 m³ umpluturi ;

— lucrări de scurgere şi evacuare a apelor meteorice.

În ceea ce priveşte gradul de ocupare a terenului, CTE Deva se prezintă astfel :

— indicele de ocupare a terenului cu construcţii :

$$I_1 = \frac{\text{suprafaţa construită}}{\text{suprafaţa incintei}} = \frac{16{,}08}{35{,}30}\,100 = 45{,}55\%$$

— indicele de ocupare total :

$$I_2 = \frac{\text{suprafaţa total ocupată (inclusiv gospodăria subterană)}}{\text{suprafaţa incintei}} =$$

$$= \frac{28{,}64}{35{,}30}\,100 = 81{,}13\%$$

— suprafaţa incintei raportată la puterea instalată:

$$I_3 = \frac{35{,}30}{800\ \text{MW}} = 0{,}043\ \text{ha/MW}.$$

Comparativ cu centralele electrice similare realizate la noi în ţară, situaţia se prezintă astfel :

Tabelul 1

Indici de ocupare teren

Indici	CTE Deva 800 MW	CET Craiova 1030 MW	CTE Luduş 800 MW	CTE Rovinari 400 MW
I_1, %	45,55	29,2	43,9	44,9
I_2, %	81,13	70	60,6	77,1
I_3, ha/MW	0,043	0,050	0,037	0,061

În ceea ce priveşte obiectivele mai importante din imediata apropiere a centralei, în afară de staţia de cale ferată şi de oraşul Deva, aflat la circa 7 km, se prevede construirea unei fabrici de prefabricate şi autoclavizate din beton, folosind ca materie primă o parte din cenuşa rezultată prin arderea cărbunilor la centrală.

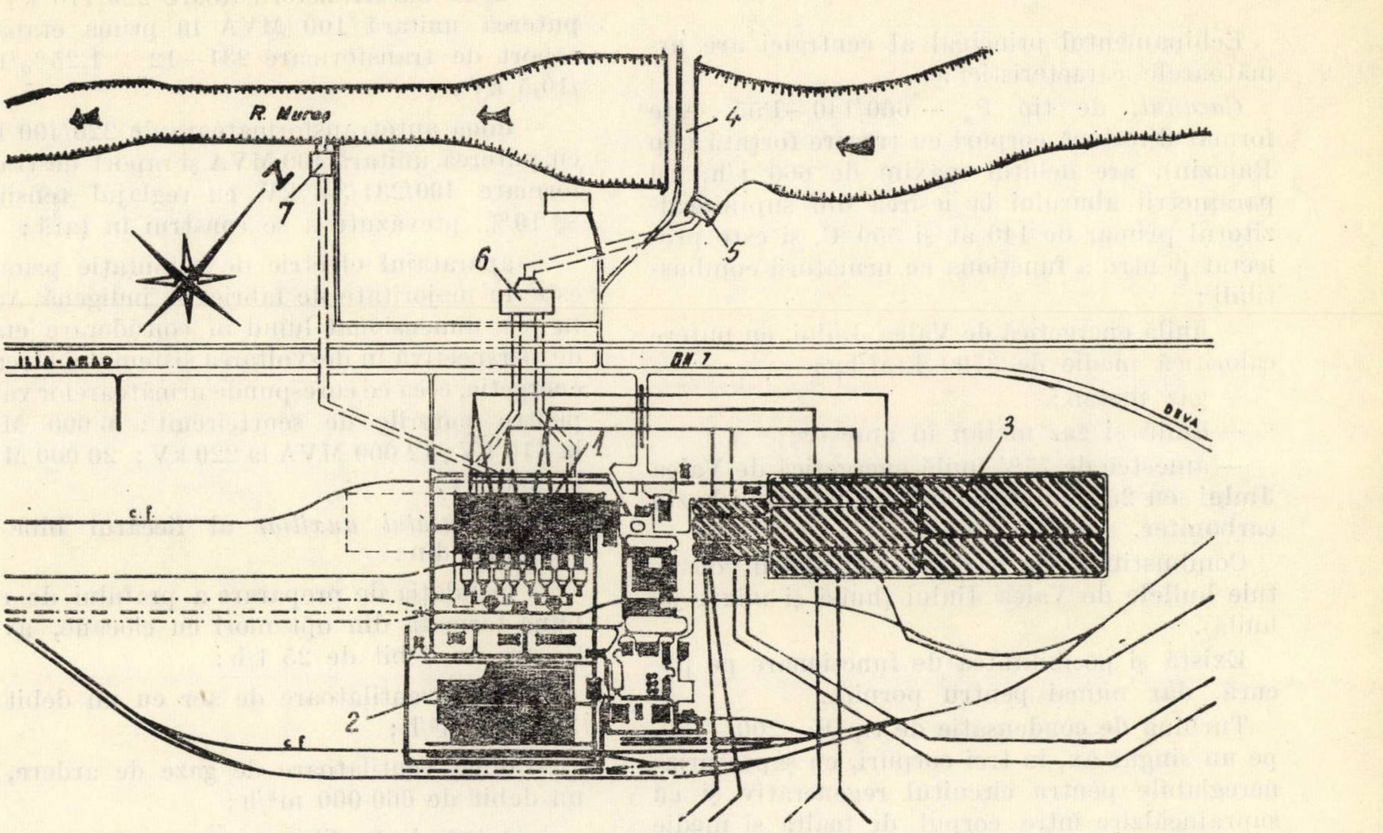

R. Mureş
ILIA-ARAD
DN 7
DEVA
c.f.
c.f.
1
2
3
4
5
6
7

Fig. 1. Planul general al centralei:

1 – clădirea principală; *2* – gospodăria de cărbune; *3* – stațiile electrice exterioare de 110, 220 și 400 kV; *4* – barajul; *5* – priza de apă; *6* – casa sitelor; *7* – microhidrocentrală.

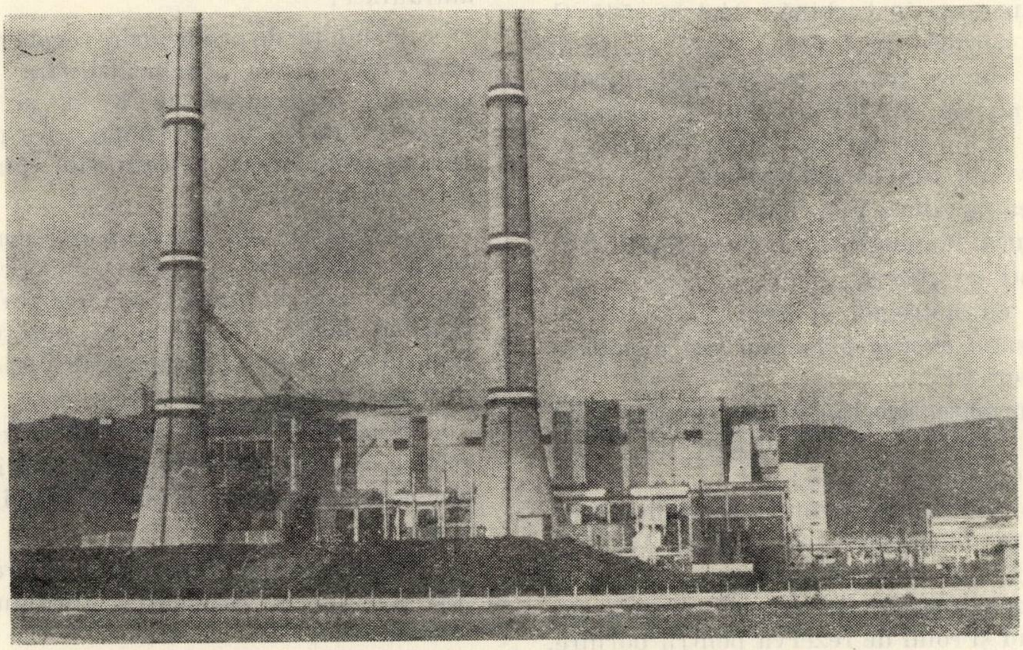


Fig. 2. Vedere generală a centralei.

3. Partea electromecanică

Echipamentul principal al centralei are următoarele caracteristici:

Cazanul, de tip P_p — 660/140—P55, este format din două corpuri cu trecere forţată (tip Ramzin), are debitul maxim de 660 t/h, cu parametrii aburului la ieşirea din supraîncălzitorul primar de 140 at şi 550 °C, şi este proiectat pentru a funcţiona cu următorii combustibili:

— huilă energetică de Valea Jiului, cu putere calorifică medie de 3700 kcal/kg;

— gaz metan;

— huilă şi gaz metan în amestec;

— amestec de 75% huilă energetică de Valea Jiului cu 25% mixte de huilă din acelaşi bazin carbonifer.

Combustibilul de bază al centralei îl constituie huilele de Valea Jiului (huilă şi mixte de huilă).

Există şi posibilitatea de funcţionare pe păcură, dar numai pentru pornire.

Turbina de condensaţie de tip K—200—130, pe un singur ax, în trei corpuri, cu şapte prize nereglabile pentru circuitul regenerativ şi cu supraîncălzire între corpul de înaltă şi medie presiune, are următorele caracteristici:

— puterea maximă: 210 MW;

— parametrii aburului viu la intrare în turbină: 130 at, 545 °C;

— parametrii aburului supraîncălzit intermediar la intrarea în turbină: 24,4 at, 545 °C.

Turbina permite prelevarea unei cantităţi de căldură de 15 Gcal/h pentru termoficare.

Generatorul, de tip TVV—200—2, acţionat de turbină, avînd pe acelaşi ax excitatricea de înaltă frecvenţă are caracteristicile:

— puterea maximă 210 MW;

— tensiunea nominală la borne: 15,75 kV;

— factorul de putere: 0,85;

— răcire cu hidrogen şi apă.

Echipamentul electric principal are următoarele caracteristici:

— transformatoarele blocurilor, de 250 MVA fiecare, cu raport de transformare 15,75/242 kV, fără reglajul tensiunii;

— transformatoarele pentru serviciile proprii aferente blocurilor: 25 MVA, 15,75 ± 8 × 1,5%/6,3 — 6,3 kV;

— transformatoarele de servicii proprii generale, avînd şi rolul de rezervă pentru pornire, în număr de două pentru etapa 800 MW, au puterea unitară 32 MVA şi raportul de transformare 115 ± 4 × 2,5%/6,3 —6,3 kV;

— două autotransformatoare 220/110 kV cu puterea unitară 100 MVA în prima etapă şi raport de transformare 231±12 × 1,25%/121/10,5 kV;

— două autotransformatoare de 220/400 kV, cu puterea unitară 400 MVA şi raport de transformare 400/231/34 kV, cu reglajul tensiunii ± 10%, prevăzute a se construi în ţară;

— aparatajul electric de comutaţie primară este în majoritate de fabricaţie indigenă. Acesta s-a dimensionat luînd în considerare etapa de perspectivă în dezvoltarea sistemului electroenergetic, ceea ce corespunde următoarelor valori pentru puterile de scurtcircuit: 6 000 MVA la 110 kV; 12 000 MVA la 220 kV; 20 000 MVA la 400 kV.

Echipamentul auxiliar al fiecărui bloc se compune din:

— instalaţia de preparare a prafului de cărbune formată din opt mori cu ciocane, avînd fiecare un debit de 25 t/h;

— două ventilatoare de aer cu un debit de 380 000 m^3/h;

— două ventilatoare de gaze de ardere, cu un debit de 660 000 m^3/h;

— patru electrofiltre pentru reţinerea cenuşii zburătoare, cu grad de reţinere 99%;

— trei electropompe (două în funcţiune şi una de rezervă), dimensionate fiecare pentru 50% din debitul cazanului şi prevăzute cu cuplă hidraulică;

— instalaţia de preîncălzire regenerativă, compusă din patru preîncălzitoare de joasă presiune, degazorul de 6 at şi trei preîncălzitoare de înaltă presiune, care preîncălzesc apa de alimentare a cazanelor pînă la temperatura de 242°C;

— instalaţia de condensare, constînd din două condensatoare, pentru temperatura nominală a apei de răcire a condensatului, + 15°C. Turbina poate funcţiona la puterea de 210 MW, la o variaţie a temperaturii apei de răcire cuprinsă între 4 şi 26°C;

— două instalaţii de reducere-răcire de cîte 125 t/h, cu evacuarea aburului redus în conducta rece a supraîncălzirii intermediare şi în condensator;

— două instalaţii de reducere-răcire rapidă de cîte 125 t/h cu evacuarea aburului redus în condensator;

— instalaţia de tratare 100% a condensatului principal, pentru un debit de 600 m^3/h pe bloc.

Instalațiile auxiliare comune blocurilor se compun din :

— Instalația de tratare chimică a apei de adaos, dimensionată pentru un debit maxim de 153 t/h și pentru un debit normal de 53 m^3/h. Această instalație este destinată să acopere necesarul de apă de adaos pentru cazane, pentru spălările acide și pentru serviciile proprii în instalațiile de tratare chimică a condensatului principal.

— Gospodăria de combustibil solid, dimensionată pentru etapa 800 MW a centralei, asigură următoarele debite : consum maxim orar 576 t ; consum mediu zilnic — 10 000 t ; consum anual 3 550 000 t.

Pentru adoptarea soluției optime la gospodăria de combustibil solid, pe parcursul elaborării proiectului de execuție s-au întocmit în ISPE studii tehnico-economice comparative între mai multe variante de echipare. Prin prospectarea pieții mondiale și consultarea documentației de specialitate din țările cu experiență îndelungată în alimentarea cu cărbune a centralelor electrice (R. P. Polonă, R. D. Germană, R. F. a Germaniei și Franța), a rezultat că soluția optimă este o gospodărie de cărbune supraterană, deservită de mașini cu acțiune continuă, de tipul mașinilor cu roți cu cupe. Soluția cu gospodărie de adîncime cu buncăre de descărcare și pod rulant cu graifăr sau buldozere pentru deservirea depozitului, fiind depășită din punct de vedere tehnic, nu se mai folosește la centralele electrice mari pe cărbune.

Analiza comparativă a variantelor studiate a scos în evidență, în ceea ce privește caracteristicile utilajelor principale ale gospodăriei de cărbune, rezultatele prezentate în tabelul 2.

Tabelul 2

Analiza comparativă a variantelor pentru gospodăria de cărbune

Varianta	Debitul gospodăriei, t/h	Greutatea echipamentului principal, t	Puterea instalată, kW	Agregate auxiliare (buldozere, dumpere), CP
Gospodărie supraterană cu utilaj din R. P. Polonă (variantă propusă de ISPE)	1000	614	1920	300
Gospodărie subterană cu pod rulant cu graifăr	1000	2308	6270	200
Gospodăria subterană cu buldozere pentru deservirea depozitului	1000	520	4240	1300

Din punctul de vedere al consumurilor specifice de energie electrică, analiza efectuată a arătat că soluțiile care se situează la nivelul tehnicii actuale realizează și performanțe superioare. Astfel, pentru toate operațiile de transport, încărcare și concasare, consumul specific de energie electrică este de 0,9 kWh/t în varianta cu utilaj din R. P. Polonă, în timp ce în varianta cu gospodărie subterană numai pentru operația de concasare consumul de energie electrică este de 1,1 kWh/t.

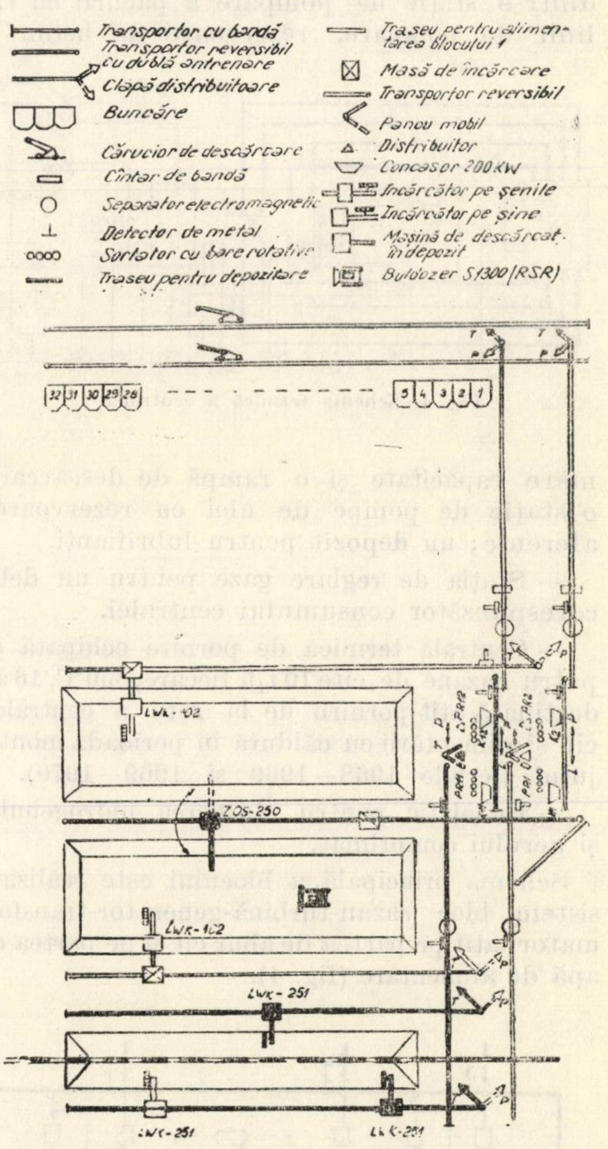

Legendă
Transportor cu bandă
Transportor reversibil cu dublă antrenare
Clapă distribuitoare
Buncăre
Cărucior de descărcare
Cîntar de bandă
Separator electromagnetic
Detector de metal
Sortator cu bare rotative
Traseu pentru depozitare
Traseu pentru alimentarea blocului 1
Masă de încărcare
Transportor reversibil
Panou mobil
Distribuitor
Concasor 200 kW
Încărcător pe șenile
Încărcător pe șine
Mașină de descărcat în depozit
Buldozer S1300 (RSR)
32
31
30
29
28
5
4
3
2
1
LWK-102
ZOS-250
LWK-102
LWK-251
LWK-251
LWK-251

Fig. 3. Schema tehnologică a gospodăriei de cărbune.

Considerentele prezentate în analiza tehnico-economică întocmită de ISPE au determinat alegerea pentru gospodăria de cărbune de la CTE Deva a utilajelor de fabricație CEKOP (R. P. Polonă), ceea ce a permis realizarea unei gospodării de suprafață echipată cu mecanisme cu roți cu cupe de mare productivitate (fig. 3). Adoptarea acestei soluții a adus importante economii: 39,5 mil. lei la construcţii montaj, 10 mil. lei la utilaj de import şi 2,5 mil. lei la cheltuieli de exploatare.

— Gospodăria de păcură şi ulei, compusă dintr-o staţie de pompare a păcurii cu trei linii de pompare, rezervoare de beton de mare capacitate şi o rampă de descărcare; o staţie de pompe de ulei cu rezervoarele aferente; un depozit pentru lubrifianţi,

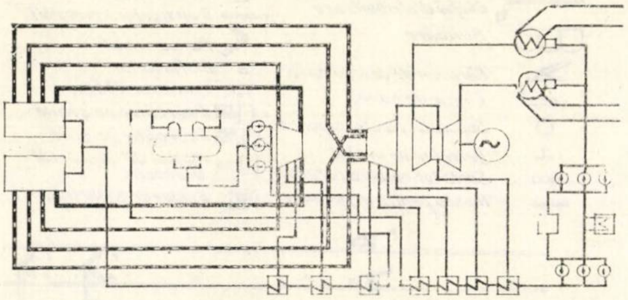


Fig. 4. Schema termică a centralei.

— Staţia de reglare gaze pentru un debit corespunzător consumului centralei.

— Centrala termică de pornire echipată cu patru cazane de cîte 10 t/h fiecare, 350°C, 16 at, destinată atît pornirii de la zero a centralei, cît şi alimentării cu căldură în perioada montajului (iernile 1968—1969 şi 1969—1970).

— Instalaţie pentru obţinerea hidrogenului şi aerului comprimat.

Schema principală a blocului este realizată sistem bloc cazan-turbină-generator-transformator, atît pe partea de abur cît şi pe partea de apă de alimentare (fig. 4).

Schema de tratare a condensatului principal se compune din: filtrare cu celuloză, filtrare în pat mixt şi regenerare cu acid clorhidric şi sodă.

Schema de tratare chimică a apei de adaos se compune din trei linii de cîte 60 m^3/h fiecare şi cuprinde: coagulare cu sulfat feros şi decarbonatare cu var, filtrare mecanică, filtre de reţinere a substanţelor organice şi filtre H—H—OH—OH—pat mixt. Regenerarea se face cu acid clorhidric.

Pentru evacuarea puterii în sistemul electroenergetic naţional, centrala este prevăzută cu trei staţii electrice de înaltă tensiune, de 110, 220 şi 400 kV. La staţiile electrice de înaltă tensiune ale centralei se vor racorda şase LEA la 110 kV, patru LEA la 220 kV şi una la 400 kV (a se vedea schema electrică monofilară din fig. 5).

Prin instalarea acestei puteri în CTE Deva se va acoperi deficitul din centrul Hunedoarei şi o parte a Banatului şi va exista posibilitatea de transport a excendentului de putere în direcţia est, spre zonele de consum Sibiu—Braşov.

Serviciile proprii de 6 kV ale blocurilor se alimentează prin transformatoare de 25 MVA, 15,75/6—6 kV, racordate în derivaţie la bornele generatoarelor şi alimentînd cîte două secţii pe bloc. Alimentarea serviciilor proprii de 0,4 kV ale blocurilor se face prin două transformatoare pe bloc 6/0,4 kV, de cîte 630 kVA.

Consumatorii de servicii proprii generale sînt alimentaţi la 6 kV de la secţiile generale, la care se racordează cele două transformatoare

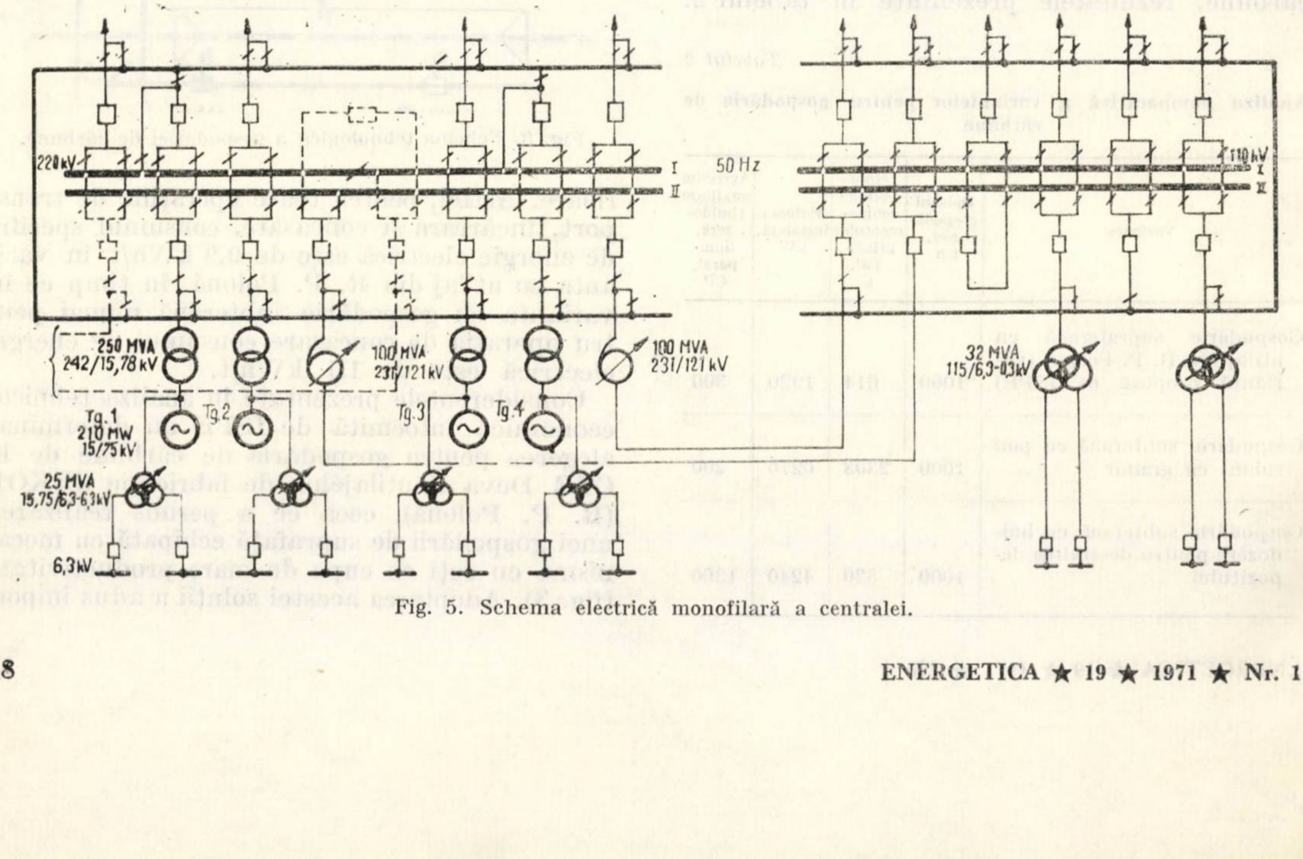


Fig. 5. Schema electrică monofilară a centralei.

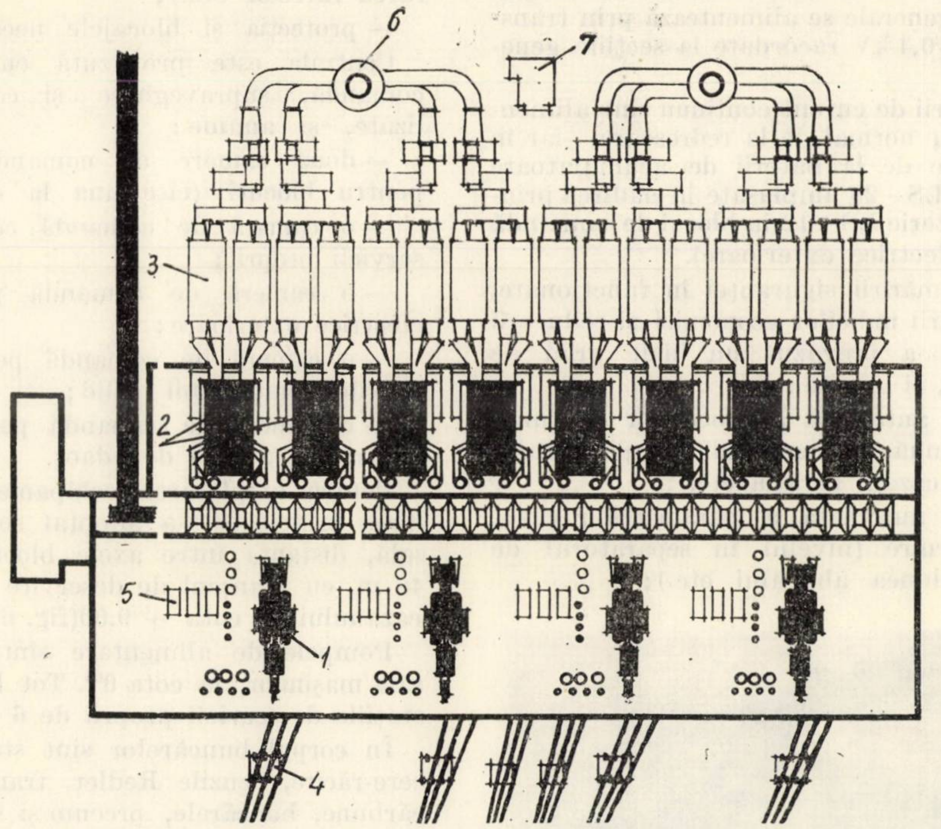


Fig. 6. Amplasarea echipamentului în clădirea principală:
1 – grupul turbogenerator de 210 MW; 2 – cazanul de abur de 660 t/h; 3 – electrofiltre; 4 – transformatorul principal 250 MVA; 5 – electropompe de alimentare; 6 – coșul de fum; 7 – stația pompelor Bagger.

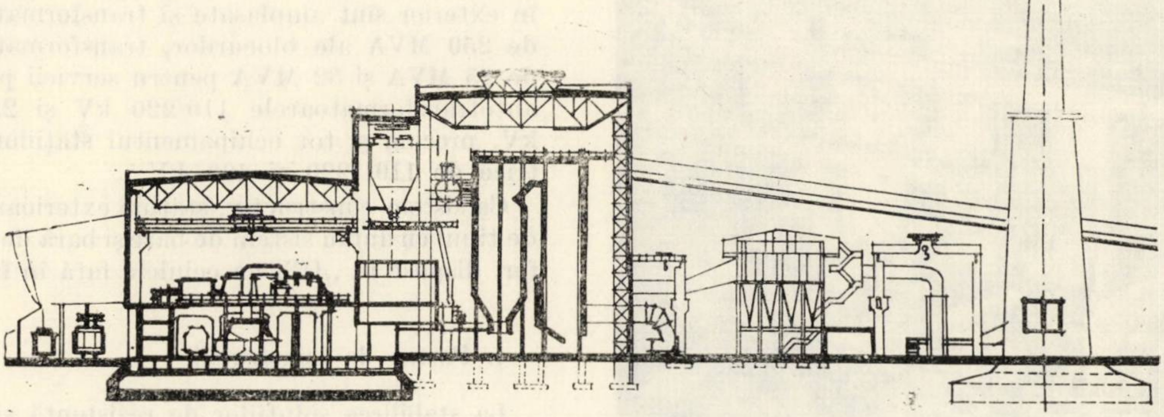


Fig. 7. Secțiune transversală prin clădirea principală.

de 32 MVA 110/6—6 kV de servicii proprii generale şi rezervă.

La tensiunea de 0,4 kV, consumatorii de servicii proprii generale se alimentează prin transformatoare 6/0,4 kV racordate la secţiile generale.

Consumatorii de curent continuu sînt alimentaţi în regim normal de la redresoare, iar în caz de avarie de la baterii de acumulatoare (două baterii LS—28 amplasate în clădirea principală şi o baterie LS—12 în blocul de comandă al staţiilor electrice exterioare).

În scopul măririi siguranţei în funcţionare, al îmbunătăţirii indicilor economici şi reducerii personalului s-a prevăzut un înalt grad de automatizare, şi anume:

— reglarea automată a proceselor cu funcţionare continuă (alimentarea cu apă, supraîncălzirea la cazan, turaţia etc.);

— reglarea automată a parametrilor cazanelor la pornire (nivelul în separatorul de pornire, presiunea aburului etc.);

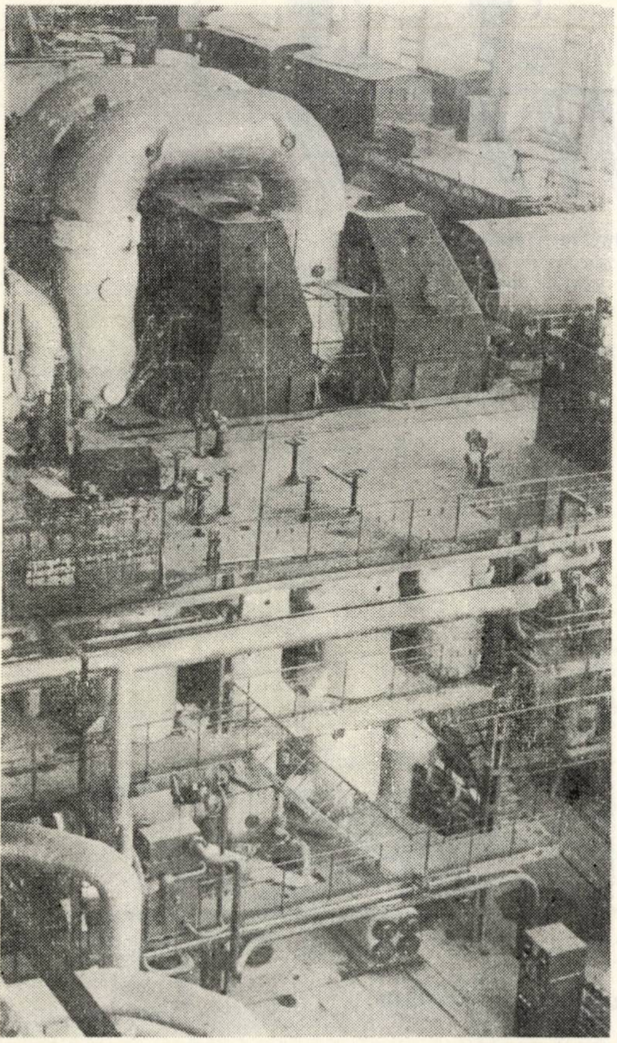


Fig. 8. Sala maşinilor; vedere din zona grupului 1.

— comanda automată a proceselor cu funcţionare periodică (curăţirea cu alice, regenerarea filtrelor etc.);

— protecţia şi blocajele necesare.

Centrala este prevăzută cu instalaţii de comandă, supraveghere şi control centralizate, şi anume:

— două camere de comandă tehnologică pentru blocuri (cîte una la două blocuri);

— o cameră de comandă centrală pentru servicii proprii;

— o cameră de comandă pentru staţiile electrice exterioare;

— o cameră de comandă pentru gospodăria de combustibil solid;

— o cameră de comandă pentru instalaţia de tratare a apei de adaos.

Pentru amplasarea echipamentului în clădirea principală s-a adoptat soluţia transversală, distanţa între axele blocurilor fiind de 48 m, cu planşeul de deservire a turbinei şi a cazanului la cota + 9,00(fig. 6 şi 7).

Pompele de alimentare sînt amplasate în sala maşinilor, la cota $0^{\underline{00}}$. Tot la cota $0^{\underline{00}}$ sînt staţiile de servicii proprii de 6 kV.

În corpul buncărelor sînt staţiile de reducere-răcire, benzile Redler, transportoarele de cărbune, buncărele, precum şi staţiile de servicii proprii de 0,4 kV (la cota 0,00), camerele de comandă ale blocurilor şi camera de comandă centrală (la cota 9,00).

În sala cazanelor sînt amplasate degazoarele, morile de cărbune, ventilatoarele pentru recirculaţia aerului şi gazelor. Ventilatoarele de aer şi gaze de ardere şi electrofiltrele sînt montate în aer liber, între sala cazanelor şi coşul de fum. Pentru evacuarea gazelor în atmosferă, s-a prevăzut cîte un coş de fum la două blocuri de 220 m înălţime. De asemenea, în exterior sînt amplasate şi transformatoarele de 250 MVA ale blocurilor, transformatoarele de 25 MVA şi 32 MVA pentru servicii proprii, autotransformatoarele 110/220 kV şi 220/400 kV, precum şi tot echipamentul staţiilor electrice de 110, 220 şi 400 kV.

Ca sistem constructiv, staţiile exterioare sînt de tipul cu dublu sistem de bare şi bară de transfer, dispuse în „U", cu celulele faţă în faţă.

4. Partea de construcţii

La stabilirea soluţiilor de rezistenţă şi arhitectură s-a ţinut seamă de volumele de construcţii, de termenele scurte pentru punerea în funcţiune, de gradul dotării cu utilaje a executantului și de economia de metal în construcții. În acest scop, soluțiile constructive și de arhitectură adoptate au urmărit:

— industrializarea lucrărilor de execuție;

— realizarea unor spații construite limitate la strictul necesar, prin comasarea unor clădiri cu funcții înrudite (ca, de exemplu: atelierele mecanice, atelierele electrice, magaziile și turnul de decuvare).

Pentru structura clădirii principale s-a adoptat soluția cu executarea stîlpilor principali de la sala mașinilor și corpul buncărelor din beton armat cu ajutorul cofrajelor glisante, iar riglele de cadru, cu cofraje suspendate pe carcase autoportante. La peretele longitudinal al sălii cazanelor (șirul „D") s-a aplicat, ca o noutate, soluția de execuție cu glisare integrală (stîlpi, grinzi, perete), ceea ce a adus însemnate economii de metal.

Tot în vederea reducerii consumului de metal, platformele pentru susținerea degazoarelor și planșeul de la cota + 9,00 din sala cazanelor, s-au realizat din beton armat, în loc de metal.

Cele două coșuri de fum de 220 m înălțime au structură de beton armat monolit pînă la cota 43 m, iar în rest beton armat turnat în cofraje glisante.

Pentru celelalte obiecte ale centralei, în funcție de mărime, de deschiderile construcției și de numărul de elemente asemănătoare, s-au adoptat soluții din elemente prefabricate din beton armat sau beton armat monolit și zidărie portantă.

Arhitectura volumelor ține seamă de sistemul de construcții adoptat. Această soluție prevede utilizarea elemetelor de fațadă din beton armat prefabricat (panouri pline și ferestre). La clădirea principală s-au marcat elementele verticale prin volum și culoare. În ceea ce privește adoptarea unei arhitecturi unitare, s-a ținut seama, în mod special, de clădirile care au front desfășurat spre calea ferată și drumul național DN 7.

Distribuțiile interioare s-au făcut avînd în vedere funcțiile tehnologice și schema de personal a centralei.

În tabelul 3 sînt arătați indicii de construcție realizați la CTE Deva, comparativ cu alte centrale similare din țară.

Tabelul 3

Indici	CTE Deva 800 MW	CET Craiova II 630 MW	CTE Rovinari etapa I 400 MW
$\frac{\text{Cost total construcție}}{\text{Putere totală}}, \frac{\text{lei}}{\text{MW}}$	391 000	323 000	478 000
$\frac{\text{Volum clădire principală}}{\text{Putere totală}}, \frac{\text{m}^3}{\text{MW}}$	1 078	1 035	1 570
$\frac{\text{Cost clădire principală}}{\text{Putere totală}}, \frac{\text{lei}}{\text{MW}}$	171 600	106 000	256 000
$\frac{\text{Cost clădire principală}}{\text{Volum clădire principală}}, \frac{\text{lei}}{\text{m}^3}$	153	117	163

5. Partea hidrotehnică

Necesarul de apă tehnologică al centralei termoelectrice Deva, la profilul de 800 MW, este de 109 036 m^3/h (circa 30 m^3/s), din care 100 862 m^3/h pentru răcirea condensatoarelor și 8 210 m^3/h pentru răcitoarele de aer și ulei și pentru răcirea lagărelor.

Sursa de apă, rîul Mureș, furnizează necesarul de apă tehnologică al centralei pentru profilul de 800 MW, cu o asigurare de 97%.

Din analizele debitelor și temperaturii apei rîului Mureș pe o perioadă de 29 ani, a rezulta că în cazul debitelor minime de vară, cu asigurarea probabilă de 97%, temperatura apei poate ajunge la + 30 °C, ceea ce duce la concluzia că în majoritatea cazurilor temperatura apei permite obținerea puterii nominale a grupurilor.

Ca schemă hidrotehnică, s-a prevăzut executarea unui baraj de captare de tipul mobil cu stavile, avînd șapte deschideri a cîte 16 m fiecare. Barajul de captare s-a realizat pe un șenal artificial, care rectifică albia rîului Mureș tăind o meandră a acestuia.

Prelevarea apei tehnologice se face printr-o priză de apă cu debitul de 60 m^3/s, dispusă pe malul stîng al șenalului. De la priză, apa este condusă la casa sitelor și stația de pompare prin trei canale închise, din beton armat, avînd capacitatea totală, pentru etapa 800 MW, de 30 m^3/s. În continuare, de la stația de pompe apa rece este pompată prin opt conducte din beton armat Ø 1600 la cele opt condensatoare ale turbinelor (cîte două pe turbină).

Apa caldă de la condensatoare se evacuează din nou în rîu, prin patru canale din beton armat în aval de baraj și două canale în amonte de priză (pentru încălzire, în timp de iarnă și pentru completarea necesarului de apă de răcire la debite scăzute ale rîului Mureș).

Se prevede ca centrala să funcționeze în circuit deschis cu apă de rîu, cînd debitul în Mureș este suficient, și cu apă de amestec (apă rece din rîu şi apă caldă de la condensator adusă prin cele două canale în amonte de priză), la debite scăzute.

Transportul zgurei şi al cenuşii se prevede a se face hidraulic, prin pomparea amestecului zgură-cenuşă-apă din staţia pompelor Bagger, amplasată în incintă (în spatele sălii cazanelor), la depozitul de zgură şi cenuşă situat la circa 1,5 km de centrală, în braţul deviat al rîului Mureş. Apa decantată din depozit este recirculată printr-o staţie de pompe amplasată în limitele depozitului.

Evacuarea apelor tehnologice şi de ploaie, precum şi a apelor menajere se realizează în sistem separativ, apele tehnologice fiind epurate înainte de colectare.

Alimentarea cu apă potabilă şi de incendiu se face folosind apa subterană din terasa inferioară a rîului Mureş, în amonte de centrală.

6. Executarea lucrărilor şi realizarea investiţiei

Organizarea lucrărilor de construcţii s-a desfăşurat pe o suprafaţă de circa 16,5 ha şi cuprinde barăci şi şoproane pentru depozitarea materialelor, ateliere, două fabrici de betoane cu o capacitate de 60 m³/h, platforme pentru depozitare, parcare şi reparaţii auto.

Amplasamentul organizării de construcţii s-a făcut ţinînd seama de fluxul tehnologic şi de posibilitatea manipulării materialelor pe distanţe cît mai mici. Astfel, pentru lucrările din zona clădirii principale, amplasarea s-a făcut în apropierea acesteia, iar pentru lucrările hidrotehnice, în zona barajului.

Platforma tehnologică, divizată în două zone, deserveşte preasamblarea carcasei cazanului de abur. Blocurile tridimensionale de 50 t sînt dispuse pe platformă în succesiunea de montaj, ridicarea în poziţia definitivă făcîndu-se cu ajutorul macaralei-turn BK—1000.

Zona organizării de şantier este deservită de trei linii ferate în lungime de 2100 m cu front de descărcare şi drumuri betonate de circa 2,8 km lungime.

Execuţia lucrărilor de construcţii-montaj la centrala termoelectrică Deva a prezentat anumite particularităţi determinate de:

— punerea în funcţiune a celor patru blocuri la intervale de circa 6 luni;

— creşterea gabaritului şi a masei agregatului de cazan pe cărbune;

— număr mare de furnizori de echipament (U.R.S.S. pentru echipamentul principal şi auxiliar aferent blocurilor, R. P. Polonă pentru gospodăria de cărbune, R. D. Germană pentru electrofiltre şi Olanda pentru instalaţiile de tratare chimică a apei).

Pentru a se face faţă complexităţii în realizarea acestei investiţii, a fost necesară o strictă corelare a lucrărilor de montaj cu cele de construcţii, precum şi un flux continuu în desfăşurarea lucrărilor.

Luînd ca dată pentru stabilirea duratei de realizare a investiţiei 1 septembrie 1966, cînd au început lucrările de bază, şi ştiind că termenele de plan pentru punerea în funcţiune a celor patru blocuri sînt, în ordine: 30 noiembrie 1969, trimestrul II/1970, trimestrul IV/1970 şi trimestrul II/1971, rezultă următoarele durate de execuţie, calculate de la deschiderea şantierului, inclusiv probele şi punerea în funcţiune industrială:

— blocul 1: 1.09.1966—30.11.1969=39 luni;
— blocul 2: 1.09.1966—20.06.1970=46 luni;
— blocul 3: 1.09.1966—31.12.1970=52 luni;
— blocul 4: 1.09.1966—30.06.1971=58 luni.

În prezent centrala termoelectrică Deva funcţionează cu două blocuri, realizînd puterea de 210 MW pe agregat, prevăzută în proiect, fără a prezenta defecţiuni sau indisponibilităţi.

Recentele calamităţi naturale care s-au abătut asupra ţării noastre şi care au afectat şi zona oraşului Deva nu au determinat ieşirea din funcţiune a centralei, instalaţiile acesteia comportîndu-se excelent.

7. Indicatorii tehnico-economici de fundamentare a eficienţei economice a investiţiei (indicatori proiectaţi)

Analizînd indicatorii tehnico-economici ai Centralei termoelectrice Deva, rezultă următoarele:

— ponderea volumului de construcţii în valoarea investiţiei la CTE Deva, 24,92%, este comparabilă cu cea de la CTE Rovinari (mai mică cu 8%) şi mai mare decît la CET Craiova, datorită faptului că grupurile de la Craiova se instalează în extinderea centralei existente;

— investiţia specifică este cu 8,4 % mai mică decît la CET Craiova şi cu 13,1 % mai mică decît la CTE Rovinari.

— consumul specific de combustibil pentru energia electrică produsă, la o durată de utilizare de 7000 h/an, de 352 g c.c./kWh la CTE Deva, este comparabil cu cel de la CTE Rovinari (347,2 g. c.c./kWh), dar mai mare decît la CET Craiova (325 g c.c./kWh);

Comparînd centrala termoelectrică Deva cu realizări din alte ţări, rezultă că în etapa 1966—1970 grupurile de 200 MW reprezintă, ca mărime şi parametri, o unitate frecvent întîlnită atît în ţările cu sisteme energetice similare, cît şi în ţări cu sisteme energetice foarte dezvoltate (U.R.S.S., Franţa, S.U.A.).

Din analiza tehnică şi economică a centralei termoelectrice Deva, cu un profil de 800 MW în prima etapă, rezultă că amplasamentul ales reprezintă soluţia optimă, din punct de vedere tehnico-economic, pentru centrala pe huilă, prevăzută în planul de electrificare în perioada 1966—1975.

Dotarea centralei cu grupuri de 200 MW şi rezolvarea soluţiilor tehnice sînt la nivelul corespunzător tehnicii actuale, trebuind a fi menţionate unele soluţii deosebite, ca:

— gospodăria de cărbune supraterană, echipată cu mecanisme cu roţi cu cupe de mare productivitate, prima de acest fel în ţara noastră;

— soluţia constructivă a clădirii principale;

— schema circuitului hidrotehnic etc.

Soluţiile adoptate, dintre care am enumerat numai pe cele principale, au condus, pe parcursul elaborării proiectelor de execuţie, la economii însemnate faţă de investiţia aprobată, precum şi economii de metal de circa 2 200 tone.

(Articol intrat în redacţie la 19 iunie 1970)

Influenţa condiţiilor climatice şi a consumului de căldură menajer asupra căldurii livrate din CET urbane

Ing. V. Athanasovici *)

1. Scopul şi domeniul de aplicare

În calculele pentru determinarea mărimii consumurilor de căldură livrate din CET urbane şi, mai ales, în cele pentru repartizarea acestor consumuri pe instalaţiile de bază (prizele turbinelor), respectiv de vîrf, este necesar să se cunoască, pentru fiecare soluţie adoptată, cantităţile anuale de căldură livrate, cantităţile de energie electrică produsă, consumurile de combustibil aferente etc. De asemenea, în studiile de bază pentru cercetarea oportunităţii termoficării în anumite condiţii de climă şi de consum, elementul determinant care trebuie calculat este economia de combustibil astfel realizată faţă de soluţia de producere separată a căldurii (în CT) şi a energiei electrice (în CTE). La determinarea acestui important factor tehnico-economic este necesar să se cunoască, pentru fiecare soluţie de echipare a CET (pentru diferite valori ale coeficientului orar nominal de termoficare, α_{h}^{n}), care sînt elementele ce caracterizează mărimea consumurilor orare nominale şi medii anuale de căldură, duratele de utilizare a capacităţilor nominale ale diferitelor instalaţii din CET, precum şi valoarea coeficienţilor anuali de termoficare, respectiv a consumurilor anuale de căldură.

În cele ce urmează se va analiza influenţa factorilor climatici şi a cotei de consum pentru apa caldă menajeră asupra diferiţilor indicatori enunţaţi, prezentîndu-se şi unele nomograme de calcul.

2. Influenţa condiţiilor climatice

Avîndu-se în vedere metodologia actuală de calcul a consumurilor de căldură urbane, se poate constata că mărimea consumului de încălzire orar nominal, ca şi a celui anual, este

---

*) Ing. Victor Athanasovici este asistent la Institutul politehnic Bucureşti, Catedra de centrale electrice, doctorand în specialitatea termoficare.

funcție în primul rînd de doi factori principali : temperatura exterioară și viteza vîntului.

Conform STAS 1907—68 [1], mărimea necesarului de căldură nominal pentru încălzirea unui apartament convențional se calculează cu relația :

$$q_i^n = [m\,\Sigma\, S\cdot K\,(1 + A_0 + A_c) + i\cdot l\cdot v^{4/3}](t_i^c - t_e^c)$$

(kcal/h apartament convențional),

în care

m este coeficient de masivitate termică;
S — suprafața unui element de construcție, m²;
K — coeficientul global de transmisie a căldurii, kcal/m²·h·grd;
A_0 — adaos pentru orientare, %;
A_c — adaos pentru compensarea suprafețelor reci, %;
i — coeficient de infiltrație prin rosturi;
l — lungimea rosturilor ferestrelor și ușilor exterioare, m;
v — viteza vîntului de calcul, m/s;
t_i^c — temperatura interioară de calcul, °C;
t_e^c — temperatura exterioară de calcul, °C.

Din această relație rezultă că pentru un anumit tip de pereți (grosime, natură etc.) elementele variabile sînt t_e^c și v.

Dacă la calculul necesarului orar nominal de căldură pentru încălzire se utilizează relația de mai sus, în care fiecărui oraș îi corespund anumite valori pentru t_e^c și v, în calculul necesarului anual se utilizează în continuare (acceptîndu-se aproximațiile respective) numai curbele clasate anuale ale temperaturilor exterioare. Avînd în vedere aceste ipoteze, s-au considerat curbele clasate anuale ale temperaturilor exterioare, trasate (de către Institutul meteorologic) pe baza valorilor medii orare, pentru nouă orașe care reprezintă toate zonele climatice ale țării. Aceste curbe (fig. 1) au fost construite conform înregistrărilor orare zilnice din ultima perioadă de 15—20 ani, pentru orașele : Arad, București, Constanța, Craiova, Galați, Iași, Oradea, Pitești și Ploiești. Pe baza lor s-au ridicat curbele clasate anuale ale consumurilor de căldură pentru încălzire livrate din CET (incluzînd pierderile prin transport). Din analiza acestora rezultă că elementul ce caracterizează mărimea consumului anual necesar încălzirii pentru fiecare oraș este raportul între durata anuală de utilizare a consumului nominal pentru încălzire, $\tau_{u_i}^n$, și durata anuală a perioadei de încălzire, τ_{J_i}. Acest raport, denumit „factor climatic" caracteristic orașului respectiv, a fost notat cu K_c^i :

$$K_c^i = \frac{\tau_{u_i}^n}{\tau_{J_i}}\ (\%). \qquad (1)$$

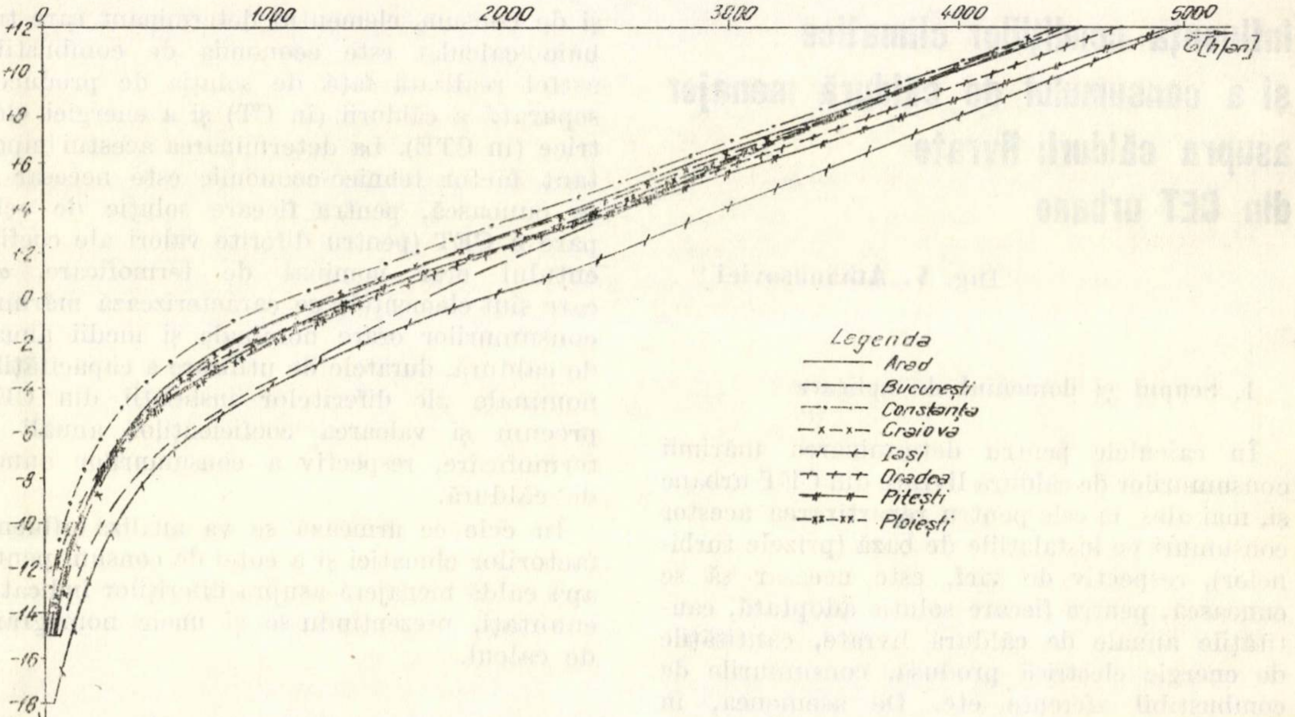


Fig. 1. Curbele clasate anuale ale temperaturilor exterioare.

Pentru calculul consumului orar nominal total, ca și pentru cel anual, livrat din CET, s-a considerat inițial un consum nominal pentru prepararea apei calde menajere, q_{ac}^n, de 18%

din consumul total ($q^n_{CET} = q^n_i + q^n_{ac}$). Această structură a consumului a fost adoptată ținîndu-se seama de înregistrările efectuate asupra consumurilor de căldură livrate de CET Grozăvești și CET „23 August” din București în perioada anilor 1964–1965 și 1965–1966 [2], de studiul consumurilor de căldură în perioada 1 iulie 1969–1 iulie 1970 de la CET București-Sud, efectuat de autor, precum și de recomandările făcute în [3].

Așadar, cota de consum de căldură pentru prepararea apei calde menajere se poate caracteriza printr-un coeficient

$$k_{ac} = \frac{q^n_{ac}}{q^n_{CET}}\ (\%), \tag{2}$$

sau

$$k^i_{ac} = \frac{q^n_{ac}}{q^n_i}\ (\%)\ , \tag{3}$$

legătura între ei fiind exprimată de relația :

$$k_{ac} = \frac{k^i_{ac}}{1 + k^i_{ac}}\ (\%)\cdot \tag{4}$$

Ținîndu-se seama de K^i_c și de k_{ac}, respectiv k^i_{ac}, curba clasată anuală a consumului de căldură livrat din CET se caracterizează printr-un factor climatologic global K_c, care reprezintă raportul între durata anuală de utilizare a consumului orar nominal total de căldură livrat din CET, τ^n_u, și durata anuală a perioadei de alimentare cu căldură, τ_f, adică :

$$K_c = \frac{\tau^n_u}{\tau_f}\ (\%)\ \cdot \tag{5}$$

În funcție de coeficienții orari k_{ac} și k^i_{ac}, se definesc coeficienții anuali K_{ac} și K^i_{ac} :

$$K_{ac} = \frac{Q_{ac}}{Q_{CET}}\ (\%)\ ;\ (Q_{CET} = Q_{ac} + Q_i)\ ; \tag{6}$$

$$K^i_{ac} = \frac{Q_{ac}}{Q_i}\ (\%)\ , \tag{7}$$

în care

Q_{ac} este consumul anual de căldură, livrat din CET, pentru prepararea apei calde menajere, Gcal/an ;

Q_i — consumul anual de căldură livrat din CET, pentru încălzire, Gcal/an ;

Q_{CET} — consumul anual total de căldură livrat din CET, Gcal/an.

Legătura între acești doi coeficienți anuali este dată de relația :

$$K_{ac} = \frac{K^i_{ac}}{1 + K^i_{ac}}\ (\%)\ \cdot \tag{8}$$

Legătura între k_{ac} și K_{ac}, respectiv între k^i_{ac} și K^i_{ac}, se determină astfel :

$$K^i_{ac} = \frac{Q_{ac}}{Q_{CET}} = \frac{q^n_{ac}\cdot\tau^n_{u_{ac}}}{q^n_{CET}\cdot\tau^n_u} = k_{ac}\cdot\frac{\tau^n_{u_{ac}}}{\tau^n_u},$$

$\tau^n_{u_{ac}}$ fiind durata anuală de utilizare a consumului nominal orar de căldură pentru prepararea apei calde menajere, h/an.

Întrucît în calculele de proiectare, pentru consumul de căldură aferent preparării apei calde menajere se consideră :

$$q^m_{ac} = 0{,}4 \div 0{,}6\ ;\ q^{md}_{ac} = \frac{q^n_{ac} + q^m_{ac}}{2}\ ;\ \tau_{f_{ac}} = \tau_f\ ,$$

se poate spune că :

$$\tau^n_{u_{ac}} = \frac{q^{md}_{ac}\cdot\tau_{f_{ac}}}{q^n_{ac}} \simeq (0{,}7 \div 0{,}8)\,.\,\tau_f\ ,$$

în care

q^m_{ac} este consumul orar minim de căldură, livrat din CET, aferent preparării apei calde menajere, Gcal/h ;

q^{md}_{ac} — consumul orar mediu (anual) de căldură, livrat din CET, aferent preparării apei calde menajere, Gcal/h ;

$\tau_{f_{ac}}$ — durata perioadei de alimentare cu căldură, pentru prepararea apei calde menajere, h/an ;

$\tau^n_{u_{ac}}$ — durata anuală de utilizare a consumului de căldură livrat din CET, pentru prepararea apei calde menajere, h/an.

Dacă se notează

$$\beta = \frac{\tau^n_{u_{ac}}}{\tau^n_u} = (0{,}7 \div 0{,}8)\,\frac{\tau_f}{\tau^n_u},$$

rezultă că

$$K_{ac} = k_{ac}\cdot\beta\cdot \tag{9}$$

În ceea ce privește valorile lui β, ele sînt funcție de τ^n_u, respectiv de k_{ac}, adică relația (9) este o funcție de gradul doi de k_{ac}.

Legătura între cei doi coeficienți climatologici, K_c și K^i_c, se exprimă de asemenea în funcție de k_{ac}, respectiv de K_{ac} ; conform relațiilor (1) și (5), se știe că

$$K^i_c = \frac{\tau^n_{u_i}}{\tau_{f_i}} = \frac{q^{md}_i}{q^n_i},\ \text{respectiv}\ K_c = \frac{\tau^n_u}{\tau_f} = \frac{q^{md}_{CET}}{q^n_{CET}},$$

în care q^{md}_i este consumul orar mediu (anual) de căldură, livrat din CET, aferent încălzirii ; prin urmare :

$$\frac{K_c}{K^i_c} = \frac{1 + K^i_{ac}}{1 + k^i_{ac}}\cdot\frac{\tau_{f_i}}{\tau_f}\ \text{sau}\ \frac{K_c}{K^i_c} = \frac{1 - k_{ac}}{1 - \beta k_{ac}}\cdot\frac{\tau_{f_i}}{\tau_f}\cdot \tag{10}$$

Principalele caracteristici ale consumurilor de căldură pentru oraşele studiate

Tabelul 1

Nr. crt.	Oraşul	t_e^c °C	Consumuri orare, Gcal/h						Consumuri anuale, 10^3Gcal/an			Durate anuale, h/an						Coeficienţi de structură		Coeficienţi climatologici			β	γ %
			nominale			medii						de funcţionare			de utilizare									
			$q_{\hat{\imath}}^n$	q_{ac}^n	q_{CET}^n	$q_{\hat{\imath}}^{md}$	q_{ac}^{md}	q_{CET}^{md}	$Q_{\hat{\imath}}$	Q_{ac}	Q_{CET}	$\tau_{f_{\hat{\imath}}}$	$\tau_{f_{ac}}$*)	τ_f*)	$\tau_{u_{\hat{\imath}}}$	$\tau_{u_{ac}}$	τ_u	k_{ac}, %	$k_{ac}^{\hat{\imath}}$, %	$K_c^{\hat{\imath}}$, %	K_c, %	$\frac{K_c}{K_c^{\hat{\imath}}}$, %		
1	Arad	−15	82	18	100	39,1	13,5	34,7	178	113,4	291,4	4550	8400	8400	2170	6300	2914	18	22	47,7	34,7	72,8	2,17	54,1
2	Bucureşti	−15	82	18	100	43,5	13,5	36,7	195	113,4	308,4	4484	8400	8400	2380	6300	3084	18	22	53,0	36,7	69,3	2,05	53,4
3	Constanţa	−12	82	18	100	42,9	13,5	36,3	191,8	113,4	305,2	4460	8400	8400	2340	6300	3052	18	22	52,4	36,3	69,3	2,07	53,0
4	Craiova	−15	82	18	100	41,1	13,5	35,3	182,7	113,4	296,1	4440	8400	8400	2230	6300	2961	18	22	50,1	35,2	70,2	2,13	52,8
5	Galaţi	−15	82	18	100	42,0	13,5	35,3	183,4	113,4	296,8	4360	8400	8400	2240	6300	2968	18	22	51,2	35,3	68,9	2,13	51,8
6	Iaşi	−18	82	18	100	41,9	13,5	38,5	209,6	113,4	323	5000	8400	8400	2555	6300	3230	18	22	51,1	38,5	75,4	1,95	59,4
7	Oradea	−12	82	18	100	44,7	13,5	38,7	211,8	113,4	325,2	4740	8400	8400	2580	6300	3252	18	22	54,4	38,7	71,2	1,94	55,2
8	Piteşti	−12	82	18	100	44,8	13,5	40,2	223,9	113,4	337,3	4980	8400	8400	2730	6300	3373	18	22	54,8	40,2	73,2	1,87	59,3
9	Ploieşti	−15	82	18	100	40,9	13,5	35,5	185	113,4	298,4	4520	8400	8400	2260	6300	2984	18	22	49,9	35,5	71,1	2,11	54,9
10	Valori medii	−14,3	82	18	100	42,4	13,5	36,8	195,6	113,4	309	4610	8400	8400	2390	6300	3090	18	22	51,6	36,8	71,3	2,05	54,9
11	Eroarea relativă maximă, %	−20,6	0	0	0	+8,4	0	+8,4	−12,6	0	−8,4	−7,8	0	0	+9,2	0	−8,4	0	0	+7,5	−8,4	−5,44	+8,8	−7,6

*) S-au considerat duratele de alimentare cu căldură pentru prepararea apei calde menajere, respectiv pentru alimentarea cu căldură din CET, de 8400 h/an, faţă de totalul orelor unui an, 8760, avîndu-se în vedere perioada de circa 15 zile de întrerupere pentru revizii şi reparaţii periodice ale tuturor elementelor sistemului de termoficare.

După cum se vede, raportul $\frac{\tau_{f_{\hat{\imath}}}}{\tau_f}$ este o constantă pentru un anumit oraş, el nu depinde de cota de consum de căldură pentru apa caldă menajeră, k_{ac}. Notîndu-se raportul

$$\frac{\tau_{f_{\hat{\imath}}}}{\tau_f}=\gamma, \qquad (11)$$

rezultă că relaţia (10) se poate scrie sub forma :

$$\frac{K_c}{K_c^{\hat{\imath}}}=\gamma\cdot\frac{1-k_{ac}}{1-\beta k_{ac}}, \qquad (12)$$

care exprimă legătura între coeficienţii K_c şi $K_c^{\hat{\imath}}$ în funcţie de k_{ac}.

Pentru ca baza de comparaţie între diferitele condiţii climatice ale diferitelor oraşe studiate să fie aceeaşi, s-a considerat pentru toate cazurile că valoarea consumului orar nominal total de căldură livrată din CET este aceeaşi, şi anume egală cu 100 Gcal/h ($q_{CET}^n=100$ Gcal/h). Prin ridicarea curbelor clasate anuale ale consumurilor totale de căldură livrate din CET, în cazul celor nouă oraşe studiate, au rezultat valorile caracteristice prezentate în tabelul 1.

Din tabel se vede că, faţă de valorile caracteristice fiecărui oraş, valorile medii prezintă erori cuprinse în general între 7,5 şi 9,2%, în afară de cazul temperaturilor exterioare de calcul, unde eroarea este mare (de 20,6%). De asemenea, este interesant faptul că raportul $\frac{K_c}{K_c^{\hat{\imath}}}$ variază în jurul valorii medii cu o eroare mică, de 5,4%, ceea ce permite să se afirme — cu aproximaţia respectivă — că acest raport este constant pentru întreaga ţară, în cazul aceleiaşi cote de consum pentru apa caldă menajeră, k_{ac}, din consumul total de căldură.

Deoarece repartizarea consumurilor de căldură livrate din CET din instalaţiile de bază (prizele turbinelor) şi instalaţiile de vîrf (cazane de apă fierbinte) este dată de fapt de coeficientul orar nominal de termoficare adoptat, s-au trasat o serie de curbe de variaţie ale diferitelor mărimi de consum în funcţie de acesta. În figura 2 este prezentată o nomogramă de calcul a principalelor elemente de consum dintr-o CET urbană, în funcţie de coeficientul de termoficare orar nominal adoptat, în condiţiile climatice diferite ale oraşelor studiate, adică în funcţie de coeficienţii $K_c^{\hat{\imath}}$ şi K_c. Nomograma *) cuprinde patru cadrane, fiecare reprezentînd următoarele funcţii (în ordine trigonometrică) :

I. Variaţia consumurilor orare nominale de căldură aferente instalaţiilor de bază din CET, q_p^n, şi a celor aferente instalaţiilor de vîrf, q_{CAF}^n, funcţie de α_n^n(aceasta este reprezentată de linia dreaptă al cărei coeficient unghiular este 1); variaţia consumurilor medii anuale, produse, de asemenea, în instalaţiile de bază, q_p^{md}, şi în cele de vîrf, q_{CAF}^{md}, din CET, funcţie de α_h^n.

---

*) Nomograma se găseşte în original la Institutul politehnic Bucureşti, Catedra de centrale electrice.

II. Variaţia duratei anuale de funcţionare a instalaţiilor de vîrf din CET, $\tau_{f_{CAF}}$, a duratelor anuale de utilizare a capacităţilor nominale ale instalaţiilor de bază, $\tau_{u_p}^n$, şi a celor de vîrf, $\tau_{u_{CAF}}^n$, din CET, în funcţie de α_h^n.

III. Variaţia consumului anual de căldură livrat din instalaţia de bază, respectiv din cea de vîrf, ale CET, funcţie de coeficientul anual de termoficare α_a.

IV. Variaţia coeficientului anual de termoficare, α_a, în funcţie de coeficientul de termoficare orar nominal, α_h^n.

Modul de lucru cu nomograma respectivă este prezentat chiar în figură.

Din analiza nomogramei rezultă următoarele constatări:

1. Toate curbele de variaţie aferente oraşului Galaţi sînt identice cu cele ale oraşului Craiova, ceea ce reiese de altfel şi din analiza tabelului 1, în care se vede că au aceiaşi coeficienţi climatologici, K_c^i şi K_c.

2. Pentru valori ale lui α_h^n mai mari de 0,3, toate curbele funcţiilor reprezentate se găsesc în ordinea descrescîndă a valorilor coeficienţilor climatologici. Deci, se poate spune — ceea ce era şi normal — că atît q_p^{md}, q_{CAF}^{md}, $\tau_{u_p}^n$, $\tau_{u_{CAF}}^n$, cît şi Q_p, cresc o dată cu creşterea coeficienţilor climatologici, pentru aceeaşi valoare a lui $\alpha_h^n > 0,3$.

3. Pentru valori ale lui $\alpha_h^n < 0,3$, variaţia curbelor respective funcţie de K_c se micşorează foarte mult, devenind neesenţială.

4. În ceea ce priveşte curbele $\alpha_a = f(\alpha_h^n)$, acestea variază foarte puţin funcţie de K_c, situîndu-se între două curbe-limită care diferă între ele în medie cu 0—6%.

Analizînd valorile medii ale mărimilor reprezentate în nomograma din figura 2, aferente unor condiţii climatice medii pentru toată ţara, se obţin anumite erori relative maxime faţă de valorile reale, care sînt prezentate în tabelul 2. Din această analiză rezultă că erorile relative care s-ar face utilizînd valorile medii sînt apreciabile, înafara curbei $\alpha_a = f(\alpha_h^n)$, unde acestea nu depăşesc 5% pentru $\alpha_h^n \geqslant 0,3$. Se poate spune, deci, că influenţa factorilor climatologici este destul de însemnată şi că nu se recomandă folosirea unor valori medii pentru toată ţara, chiar în cazul calculelor aproximative de eficienţă economică a termoficării, datorită erorilor mari care pot conduce la rezultate eronate. De aceea se recomandă ca pentru fiecare centru analizat să se utilizeze curbele respective din nomograma prezentată. Pentru centrele care nu au fost analizate în nomogramă se recomandă să se calculeze coeficienţii climatologici K_c^i, K_c, β şi γ, şi în funcţie de mărimea acestora să se considere curba din nomogramă cu valorile respective comparabile.

Tabelul 2

Erorile relative maxime faţă de valorile medii pentru toată ţara

Nr. crt.	Mărimile studiate		α_h^n										
			0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1	α_a	Valori medii pentru R.S.R.	0	0,277	0,447	0,596	0,734	0,844	0,92	0,965	0,986	0,996	1,0
		Eroarea relativă maximă, %	0	14	6,9	5,2	3,7	2,6	1,6	1,1	0,6	0,18	0
2	q_p^{md}	Valori medii pentru R.S.R., Gcal/h	0	9,9	16,4	21,9	27,0	31,0	33,8	35,5	36,3	36,6	36,7
		Eroarea relativă maximă, %	0	0	7,3	4,4	4,9	5,8	6,9	7,5	8,1	8,3	8,5
3	q_{CAF}^{md}	Valori medii pentru R.S.R., Gcal/h	—	—	36,7	27,3	21,2	16,6	13,1	11,1	9,3	5,9	0
		Eroarea relativă maximă, %	—	—	8,5	9,5	10,0	10,2	9,9	17,1	14,5	29,0	0
4	$\tau_{u_p}^n$	Valori medii pentru R.S.R., h/an	0	8355	6800	6125	5670	5210	4740	4270	3810	3420	3090
		Eroarea relativă maximă, %	0	0	8,5	4,1	4,9	5,9	6,9	7,5	8,2	8,3	8,4
5	$\tau_{u_{CAF}}^n$	Valori medii pentru R.S.R., h/an	3090	2480	2135	1782	1370	966	615	355	203	113	0
		Eroarea relativă maximă, %	84	12	13	15	17	18	24	26	36	44	0
6	$\tau_{f_{CAF}}$	Valori medii pentru R.S.R., h/an	8400	7500	4610	4450	3870	2890	1870	950	433	183	0
		Eroarea relativă maximă, %	0	0	7,8	10,6	12	15	19,8	26	30,7	45	0
7	Q_p	Valori medii pentru R.S.R., 10^3 Gcal/an	0	83,5	138	183,8	226,8	260	284	298	305	307,9	309
		Eroarea relativă maximă, %	0	0	7,0	4,4	4,8	6,2	7,0	7,8	8,1	8,3	8,4

3. Influenţa consumului menajer de căldură

S-a văzut că structura consumului de căldură livrat dintr-o CET urbană este caracterizată de cota de consum aferentă preparării apei calde menajere, exprimată prin coeficienţii k_{ac} şi $k_{ac}^{\hat{\imath}}$. Dacă nomograma prezentată în figura 2 a fost realizată pe baza unui coeficient $k_{ac} = 18\%$, desigur că pentru orice altă valoare a acestui coeficient curbele din nomogramă se vor modifica în mod corespunzător.

Pentru a se vedea cum se modifică nomograma prezentată prin variaţia cotei de consum pentru apa caldă menajeră, s-au luat pentru studiu curbele valorilor medii pentru întregul teritoriu al României, prezentate în tabelul 2. Acestea au fost analizate pentru cinci valori ale coeficientului k_{ac}, şi anume : 10, 14, 18, 22 şi 26%.

Variaţia elementelor caracteristice ale consumurilor de căldură în funcţie de valorile lui k_{ac} este prezentată în tabelul 3, din care se vede că pentru toate variantele a fost menţinută aceeaşi valoare absolută a consumului total de căldură (100 Gcal/h), variind numai ponderea consumului menajer faţă de cel aferent încălzirii. De asemenea, s-au menţinut constante duratele perioadei de încălzire şi de alimentare cu căldură din CET.

În ceea ce priveşte variaţia celorlalte elemente caracteristice, rezultă că o dată cu creşterea cotei de consum menajer cresc şi coeficienţii k_{ac} şi $k_{ac}^{\hat{\imath}}$, precum şi consumurile orare nominale şi medii anuale pentru apa caldă menajeră. Spre deosebire de acestea, consumurile orare aferente încălzirii scad, ceea ce era şi normal. Consumurile anuale totale ale CET cresc o dată cu k_{ac}, ca şi duratele de utilizare ale consumurilor orare nominale.

Raportul coeficienţilor climatologici creşte o dată cu creşterea coeficienţilor k_{ac} şi $k_{ac}^{\hat{\imath}}$, conform relaţiei (12) prezentată anterior, dar această creştere este de numai 22%, faţă de creşterea de 61% a lui k_{ac}.

În figura 3 este prezentată nomograma de calcul a consumurilor de căldură livrate din CET pentru diferite valori ale cotei de consum menajer, în condiţiile climatice medii ale României.

Din analiza nomogramei rezultă următoarele constatări :

1. Pentru aceleaşi valori ale coeficienţilor orari nominali de termoficare, consumurile de căldură orare medii anuale livrate din instalaţiile de bază ale CET cresc o dată cu creşterea cotei de consum menajer.

2. Pentru valori ale coeficienţilor orari nominali de termoficare mai mici de 0,475, consumurile de căldură orare medii anuale livrate din instalaţiile de vîrf ale CET cresc o dată cu consumul menajer, iar pentru valori mai mari scad.

Tabelul 3

Mărimi caracteristice

Nr. crt.	k_{ac} %	$k_{ac}^{\hat{\imath}}$ %	K_{ac} %	$K_{ac}^{\hat{\imath}}$ %	q^n, Gcal/h			q^{md}, Gcal/h			Q, 10^3 Gcal/an			τ_f, h/an			τ_u^n, h/an			β	γ %	$K_c^{\hat{\imath}}$ %	K_c %	$\frac{K_c}{K_c^{\hat{\imath}}}$ %
					$q_{\hat{\imath}}^n$	q_{ac}^n	q_{CET}^n	$q_{\hat{\imath}}^{md}$	q_{ac}^{md}	q_{CET}^{md}	$Q_{\hat{\imath}}$	Q_{ac}	Q_{CET}	$\tau_{f_{\hat{\imath}}}$	$\tau_{f_{ac}}$	τ_f	$\tau_{u_{\hat{\imath}}}^n$	$\tau_{u_{ac}}^n$	τ_u^n					
1	10	11,1	22,8	29,5	90	10	100	46,3	7,5	32,9	214	63	277	4610	8400	8400	2375	6300	2765	2,3	55	52	33	64
2	14	16,3	30,5	43,9	86	14	100	43,4	10,5	34,4	201	88	289	4610	8400	8400	2330	6300	2890	2,2	55	51	34,5	68
3	18	21,9	37,6	60,2	82	18	100	40,8	13,5	35,9	188	113	301	4610	8400	8400	2300	6300	3017	2,1	55	50	36	72
4	22	28,2	44,1	78,9	78	22	100	38,0	16,5	37,4	175	139	314	4610	8400	8400	2250	6300	3141	2,0	55	49	37,5	77
5	26	35,1	50,1	100,5	74	26	100	35,3	19,5	38,9	162	164	326	4610	8400	8400	2200	6300	3267	1,9	55	48	39	82

3. Duratele de utilizare ale consumurilor de căldură nominale, livrate din instalaţiile de bază sau de vîrf, ca şi duratele anuale de funcţionare ale acestora din urmă, cresc o dată cu creşterea cotei de consum menajer; de asemenea, cresc şi consumurile anuale de căldură livrate din instalaţiile de bază.

4. Curbele de variaţie ale coeficientului anual de termoficare, funcţie de valorile coeficienţilor orari nominali de termoficare, nu sînt influenţate de cotele variabile ale consumului de căldură menajer.

5. La aceeaşi valoare a lui α_h^n, variaţiile diferitelor mărimi prezentate în nomogramă sînt aceleaşi, pentru aceeaşi variaţie a coeficientului k_{ac}.

Avîndu-se în vedere aceste constatări, se poate utiliza numai una din curbele nomogramei, luată ca bază, pentru o anumită valoare a lui k_{ac}, iar pentru orice altă valoare a acestuia trebuie să se aplice numai anumite corecţii.

În figura 4 sînt prezentate diagramele de corecţie, ţinînd seama de cota de consum menajer, care trebuie aplicate curbelor din nomograma de calcul (fig. 2) ridicate pentru un coeficient k_{ac} egal cu 18%.

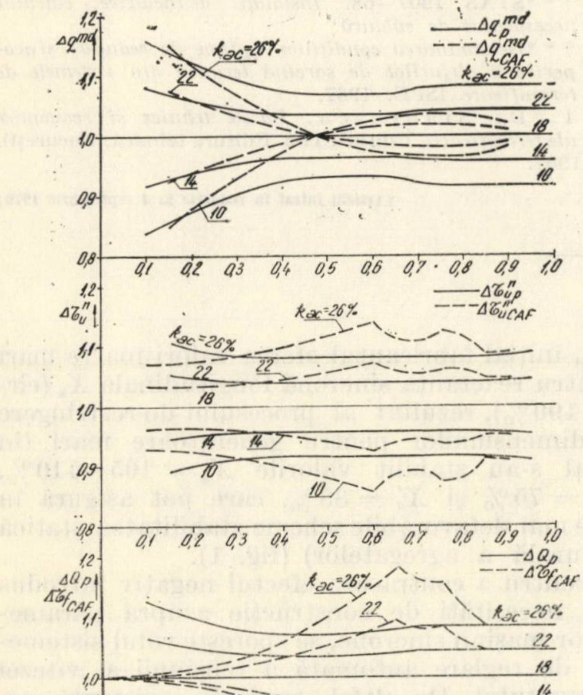


Fig. 4. Diagramele de corecţie, ţinînd seama de cota de consum menajer.

Aceste corecţii au fost calculate pe baza condiţiilor climatologice medii ale României, dar ele sînt valabile şi se pot aplica la orice condiţii reale, aferente unui anumit centru, care se caracterizează printr-o anumită valoare a coeficienţilor climatologici K_c^t şi K_c.

Concluzii

Condiţiile climatice, caracterizate de coeficienţii climatologici K_c^t şi K_c, influenţează esenţial asupra mărimilor caracteristice ale consumurilor de căldură livrate din CET urbane. Din acest motiv nu se recomandă a se utiliza anumite valori medii aferente condiţiilor climatice medii ale României. Utilizarea unor astfel de valori medii ar putea conduce la rezultate eronate atît în calculele preliminare de eficienţă economică a termoficării, cît şi în calculele tehnico-economice comparative de profil şi echipare a CET urbane.

O influenţă deosebită o prezintă cota consumului de căldură pentru prepararea apei calde menajere în consumul total livrat din CET, în funcţie de care se modifică toate elementele caracteristice ale consumurilor de căldură, după cum rezultă şi din nomograma prezentată în figura 3.

În ceea ce priveşte aplicabilitatea nomogramelor respective, ca şi a corecţiilor prezentate în figura 4, aceasta este destul de mare, deoarece se bazează pe studiul climatologic a nouă centre, incluzînd astfel toate zonele climatice din România, atît din punctul de vedere al temperaturilor exterioare minime de calcul, cît şi din punctul de vedere al valorilor de calcul al vitezei vîntului. De asemenea, avîndu-se în vedere tendinţa continuă de creştere a ponderii consumului de căldură menajer în cadrul consumului total, se poate considera că este justificat (după cum arată şi rezultatele calculelor prezentate) a se ţine seamă de aceasta şi, deci, apare necesitatea aplicării unor corecţii, după cum rezultă din figura 4.

Nomogramele prezentate în figurile 2 şi 4 permit un calcul rapid şi exact pentru repartizarea consumului orar şi anual de căldură, pe prizele turbinelor de termoficare şi pe instalaţiile de vîrf, precum şi pentru celelalte mărimi care au fost analizate.

În afară de aceasta, nomograma permite determinarea tuturor indicilor tehnico-economici de funcţionare ai CET, ca şi a coeficientului optim de termoficare.

Exemplu de calcul

1. Consumul orar nominal de căldură al unei CET urbane este de 150 Gcal/h, din care 21 Gcal/h reprezintă consumul pentru prepararea apei calde menajere, iar restul pentru încălzire. Se menţionează că centrala este amplasată într-o zonă climatică a ţării pentru care coeficientul climatic $K_c = 40\%$.

Avînd în vedere faptul că CET se dimensionează pentru un coeficient de termoficare $\alpha_h^n = 0,5$, să se determine:

a) încărcarea medie anuală (gradul de încărcare) a prizelor de termoficare şi a instalaţiilor de vîrf;

b) duratele anuale de utilizare a capacităților nominale instalate în prizele turbinelor și în instalațiile de vîrf, precum și durata anuală de funcționare a acestora din urmă;

c) consumurile anuale de căldură livrate din CET, din prizele turbinelor de termoficare și din instalațiile de vîrf.

2. Rezolvare

$q^n_{CET} = 150$ Gcal/h;

$q^n_{ac} = 21$ Gcal/h, deci $q^n_i = 129$ Gcal/h;

$$k_{ac} = \frac{21}{150} \cdot 100 = 14\,\%.$$

Deoarece nomograma din figura 2 este realizată pentru valori maxime ale lui q^n_{CET} de 100 Gcal/h, se determină raportul de corecție $K = \frac{150}{100} = 1{,}5$, iar la $\alpha^n_h = 0{,}5$ rezultă că $q^n_p = 75$ Gcal/h și $q^n_{CAF} = 75$ Gcal/h. Deci, la $\alpha^n_h = 0{,}5$, în nomogramă se va găsi;

$$q^{n*}_p = \frac{q^n_p}{K} = 50 \text{ Gcal/h}.$$

Introducînd aceste valori în nomogramă, pentru $K_c = 40\,\%$, se obțin următoarele:

a) $q^{md*}_p = 33$ Gcal/h, respectiv $q^{md'}_p = 1{,}5 \cdot q^{md*}_p = 49{,}5$ Gcal/h;

$q^{md*}_{CAF} = 18$ Gcal/h, respectiv $q^{md'}_{CAF} = 1{,}5 \cdot q^{md*}_{CAF} = 27$ Gcal/h;

b) $\tau^{n'}_{up} = 5\,500$ h/an; $\tau^{n'}_{u_{CAF}} = 1\,200$ h/an; $\tau'_{f_{CAF}} = 3\,400$ h/an;

c) $\alpha_a = 0{,}82$;

$Q^*_p = 332 \cdot 10^3$ Gcal/an, respectiv $Q'_p = 1{,}5 \cdot Q^*_p = 497 \cdot 10^3$ Gcal/an.

$Q^*_{CAF} = 5 \cdot 10^3$ Gcal/an, respectiv $Q'_{CAF} = 1{,}5 \cdot Q^*_{CAF} = 7{,}5 \cdot 10^3$ Gcal/an.

Pentru a afla valorile reale corespunzătoare lui $k_{ac} = 14\,\%$, în diagramele de corecție din figura 4 se citesc:

Δq^{md}_p, Δq^{md}_{CAF}, $\Delta \tau^n_{u_p}$, $\Delta \tau^n_{u_{CAF}}$, $\Delta \tau_{f_{CAF}}$ și ΔQ_p, respectiv ΔQ_{CAF}.

Utilizînd aceste corecții, se vor obține valorile cerute:

a) $q^{md}_p = \Delta q^{md}_p \cdot q^{md'}_p = 47{,}8$ Gcal/h;

$q^{md}_{CAF} = \Delta q^{md}_{CAF} \cdot q^{md'}_{CAF} = 27{,}2$ Gcal/h;

b) $\tau^n_{u_p} = \Delta \tau^n_{u_p} \cdot \tau^{n'}_{u_p} = 5\,300$ h/an;

$\tau^n_{u_{CAF}} = \Delta \tau^n_{u_{CAF}} \cdot \tau^{n'}_{u_{CAF}} = 1\,130$ h/an;

$\tau_{f_{CAF}} = \Delta \tau_{f_{CAF}} \cdot \tau'_{f_{CAF}} = 3\,215$ h/an;

c) $Q_p = \Delta Q_p \cdot Q'_p = 460 \cdot 10^3$ Gcal/an;

$Q_{CAF} = \Delta Q_{CAF} \cdot Q'_{CAF} = 6{,}95 \cdot 10^3$ Gcal/an.

Bibliografie

[1] * * *STAS 1907–68. *Instalații de încălzire, calculul necesarului de căldură.*

[2] * * **Determinarea condițiilor optime de reducere și acoperire a vîrfurilor de sarcină termică din sistemele de termoficare.* ISPE, 1967.

[3] I. D. Stăncescu. *Bazele tehnice și economice ale termoficării.* Ediția a II-a. Editura tehnică, București, 1967.

(Articol intrat în redacție la 4 septembrie 1970)

Regulatoare de tensiune cu tiristoare și de viteză electrohidraulice la hidrogeneratoarele de la CHE Porțile de Fier. Influența asupra stabilității dinamice

Ing. D. Drăgan *)

Parametrii generatoarelor sincrone de mare putere (de la 150 MVA în sus) au format, în ultimii ani, obiectul unei preocupări deosebite atît pentru fabricanții de mașini electrice, cît și pentru beneficiarii acestor mașini. În procesul de creștere continuă a puterii unitare a generatoarelor sincrone (atît hidro, cît și termo), constantele electrice ale acestora au suferit „înrăutățiri progresive", ajungîndu-se, de exemplu, în ultima vreme, la reactanțe foarte mari și timpi de lansare mici, ceea ce conduce la dificultăți în stabilitatea sistemului. De exemplu, inițial fabricantul oferea valori foarte mari pentru reactanța sincronă longitudinală X_d (circa 190 %), rezultat al procesului de restrîngere a dimensiunilor pentru generatoare mari (în final s-au stabilit valorile $X_d = 105$–$110\,\%$, $X_q = 75\,\%$ și $X'_d = 38\,\%$, care pot asigura în cele mai defavorabile scheme stabilitatea statică naturală a agregatelor) (fig. 1).

Pentru a contracara efectul negativ introdus din necesități de construcție asupra parametrilor mașinii sincrone, se sporește rolul sistemelor de reglare automată a tensiunii și vitezei agregatului. De altfel, tendința existentă astăzi în tehnica calculului sistemelor de reglare automată este de a dimensiona de așa natură partea de reglare (regulatorul), încît să se ajungă la o îmbunătățire pe cale artificială, prin intermediul regulatorului, a înșiși parametrilor instalației de automatizat, în cazul de față ai mașinii sincrone și, respectiv, ai turbinei ce o antrenează.

Astfel, regulatorul automat de tensiune preia, pe lîngă sarcina de reducere a valorii reactanței sincrone longitudinale, care contribuie la îmbunătățirea stabilității mașinii sincrone, și funcția de îmbunătățire a regimului oscilant, care apare, de exemplu, după deconectarea unei linii defecte. În acest fel regulatorul automat de tensiune contribuie la mărirea pe cale artificială a timpului de lansare a agregatului.

---

*) Dumitru Drăgan este inginer proiectant la ISPE.

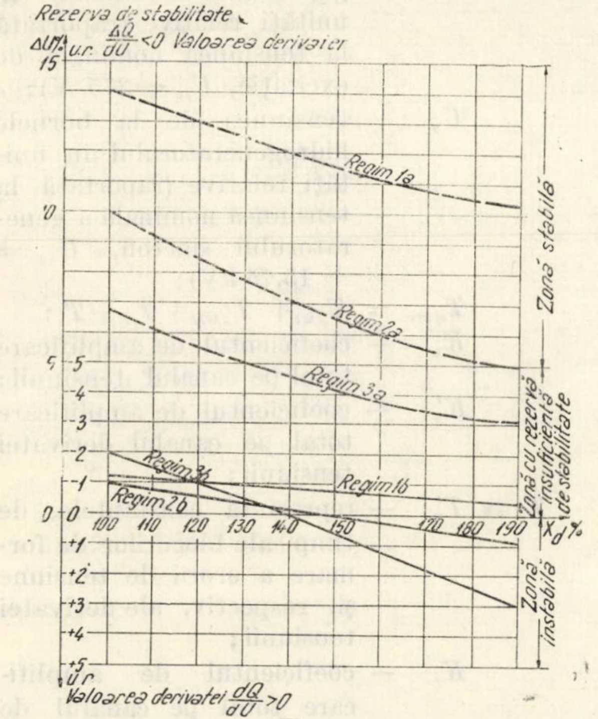


Fig. 1. Variația parametrilor privind stabilitatea statică a CHE Porțile de Fier în regimuri caracteristice, în dependență de reactanța sincronă longitudinală (X_d) a hidrogeneratoarelor

– – – – variația rezervei de stabilitate ($\Delta U\%$) în regimuri normale (notate cu indicele a); ———— variația valorii derivatei $\frac{dQ}{dU}$ în regimuri de avarie în sistem, cînd tensiunea la bornele hidrogeneratoarelor este cu 10% mai mică față de cea nominală (notate cu indicele b). Regimul 1 a: încărcare grupuri la P_n și cos $\varphi_n = 0{,}9$, centrală în schemă normală buclată; regimul 2a: încărcare grupuri la P_n și cos $\varphi = 0{,}9$, centrală în schemă radială; regimul 3a: încărcare grupuri la P_n și cos $\varphi = 1$, centrală în schemă radială; regimurile 1 b, 2 b, 3 b: regimuri de avarie cu tensiunea la borne $U_b = 10\%$.

De asemenea, regulatorului automat de viteză îi revin sarcini noi, în sensul că, datorită progreselor realizate în tehnica lui de construcție, prin micșorarea constantelor de timp și, mai ales, a timpilor morți ai servomotoarelor, el poate contribui efectiv la îmbunătățirea stabilității dinamice a mașinii sincrone. Cele menționate sînt valabile în special pentru regulatoare automate de viteză afectate turbogeneratoarelor, efectul regulatoarelor automate de viteză afectate hidrogeneratoarelor fiind considerabil micșorat din motive generate de compensarea efectului negativ al șocului hidraulic în conducta de aducțiune a apei în turbină, fapt care constituie unul dintre obiectivele articolului de față.

1. Regulatorul automat de tensiune și sistemul de excitație al hidroagregatelor de 190 MVA

1.1. *Prezentarea succintă a principiilor de bază adoptate pentru sistemul de excitație și reglaj al tensiunii*

1. 1. 1. Pentru sistemul de excitație (fig. 2):

— sistemul de excitație este alcătuit din două grupe de tiristoare (o grupă de lucru și una de forțare), executate după schema în punte trifazată;

— alimentarea tiristoarelor se face de la un generator auxiliar cuplat pe arborele turbinei, fapt care asigură o mare fiabilitate a schemei;

— excitația de regim normal a generatorului auxiliar este realizată prin intermediul unei scheme cu autoexcitație (care mărește, de asemenea, siguranța în funcționare), iar excitația inițială se realizează de la serviciile proprii ale centralei;

— tensiunea de plafon reprezintă dublul tensiunii nominale;

— acțiunea regulatorului automat de tensiune se exercită prin intermediul circuitelor de comandă ale tiristoarelor.

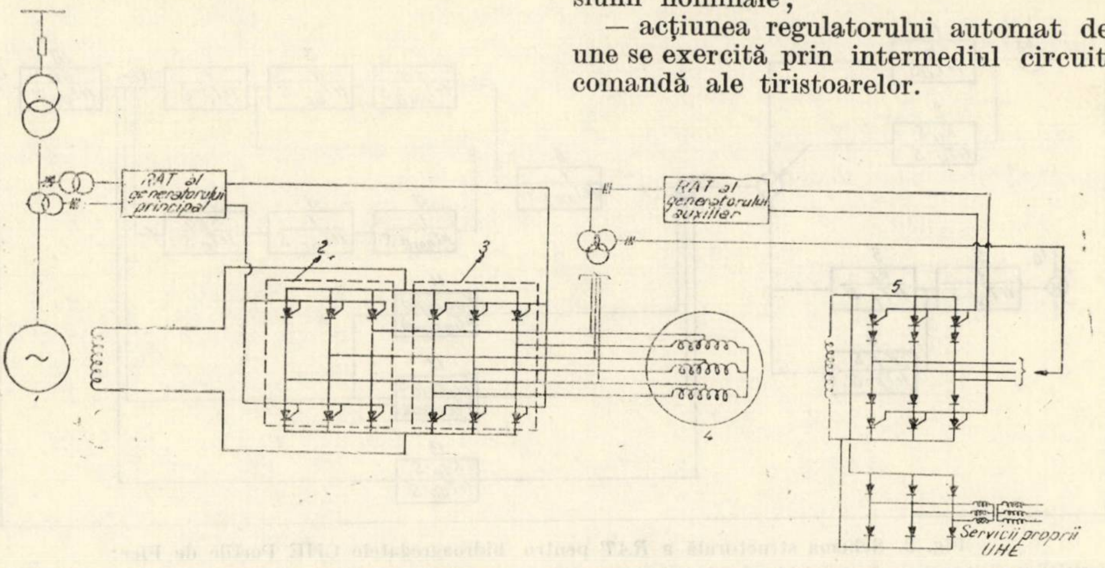


Fig. 2. Schema principială de realizare a excitației și *RAT* pentru hidrogeneratorul de 190 MVA de la CHE Porțile de Fier: *1* – generator principal; *2* – grupa de tiristoare care asigură regimul normal de lucru; *3* – grupa de tiristoare de forțare; *4* – generator auxiliar; *5* – grupa de tiristoare care asigură autoexcitarea generatorului auxiliar.

1.1.2. Pentru regulatorul de tensiune:

— regulatorul de tensiune aferent hidroagregatelor CHE Porţile de Fier face parte din categoria regulatoarelor intensive, acţionînd la abaterea tensiunii şi prima derivată a tensiunii, folosind pentru stabilizare abaterea şi prima derivată a frecvenţei, măsurată la bornele generatorului sincron;

— din punct de vedere constructiv, acest regulator este realizat cu amplificatoare magnetice;

— caracteristicile acestui regulator conduc la obţinerea următoarelor performanţe:

a) timpul de restabilire a tensiunii generatorului între limitele $\pm 5\%\ U_n$ este cuprins între 0,5 şi 0,7 s;

b) timpul de restabilire a tensiunii la inelele rotorului între limitele $\pm 5\%$; U_{en} atinge valoarea de 0,05 s;

c) viteza de creştere a tensiunii de excitaţie este în jurul valorii de $40\ \mathrm{s}^{-1}$.

1.2. *Schema structurală a regulatorului de tensiune*

Această schemă (fig. 3) permite punerea în evidenţă a funcţiilor de transfer caracteristice fiecărui bloc al regulatorului. Cu ajutorul ei s-a putut determina funcţia de transfer echivalentă a regulatorului automat de tensiune.

Expresia teoretică a funcţiei de transfer echivalente (pe canalul de tensiune) este următoarea:

în care:

U_e este tensiunea de excitaţie a generatorului sincron în unităţi relative (raportată la tensiunea nominală de excitaţie, $U_{en} = 375$ V);

U_g — tensiunea de la bornele hidrogeneratorului în unităţi relative (raportată la tensiunea nominală a generatorului sincron, $U_{ng} = 15{,}75$ kV);

$T_{echiv.} = T_{AMI} + T_{AMII} + T_{bc} + T_e$;

K_u — coeficientul de amplificare total pe canalul tensiunii;

K'_u — coeficientul de amplificare total pe canalul derivatei tensiunii;

$T_u \simeq T'_u$ — reprezintă constantele de timp ale blocurilor de formare a erorii de tensiune şi, respectiv, ale derivatei tensiunii;

K_f — coeficientul de amplificare total pe canalul de frecvenţă;

K'_f — coeficientul de amplificare total pe canalul derivatei frecvenţei;

$$Y_u(s) = \frac{U_e(s)}{U_g(s)} = \frac{K_u + K'_u \cdot s}{1 + T_u \cdot s} \cdot \frac{\dfrac{1}{1 + T_{echiv} \cdot s}}{1 + \dfrac{1}{1 + T_{echiv} \cdot s} \cdot \left(\dfrac{K_{u.e.\,rigid}}{1 + T_{u.e.\,rigid} \cdot s} + \dfrac{K_{u.e.\,elastic} \cdot s}{1 + T_{u.e.\,elastic} \cdot s} + \dfrac{K_{i.e.} \cdot s}{1 + T_{do} \cdot s} \right)} \quad (1)$$

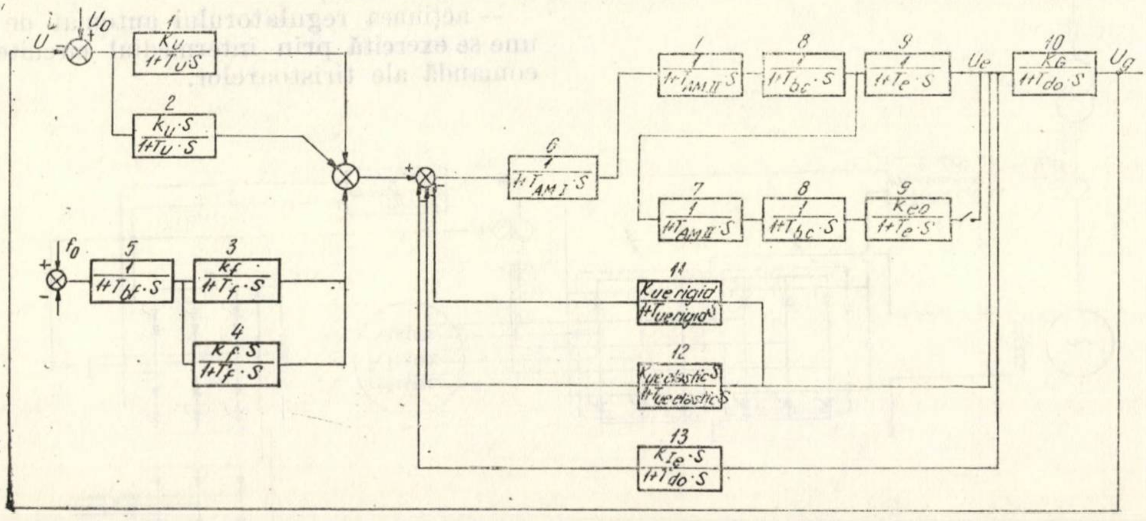


Fig. 3. Schema structurală a *RAT* pentru hidroagregatele CHE Porţile de Fier:

1 — canalul formării erorii de tensiune; *2* — canalul formării derivatei tensiunii; *3 — 5* — canalul formării erorii de frecvenţă; *4 — 5* — canalul formării derivatei frecvenţei; *6* — amplificator magnetic sumator (cascada I de amplificare); *7* — treapta a II-a de amplificare cu amplificatoare magnetice; *8* — echipamentul de comandă al tiristoarelor; *9* — excitaţia; *10* — generator; *11* — legătură inversă rigidă pe tensiune rotorică; *12* — legătură inversă elastică pe tensiune rotorică; *13* — legătură inversă flexibilă pe curentul rotoric.

T_{bf} — constanta de timp a blocului de convertire a abaterii de frecvență într-o tensiune continuă proporțională;

T_f; T'_f — constantele de timp ale blocului de amplificare a erorii de frecvență și, respectiv, a blocului de formare a derivatei frecvenței;

$T_{AM\text{I}}$ — constanta de timp a amplificatorului magnetic sumator;

$T_{AM\text{II}}$ — constanta de timp a celei de-a doua trepte de amplificare magnetică;

T_{bc} — constanta de timp a blocului de comandă a tiristoarelor;

T_e — constanta de timp a circuitului de excitație (practic nulă);

K_{fo} — coeficient de forțare a excitației ($K_{fo} = 2$);

$K_{u.e.\,rigid}$; $T_{u.e.\,rigid}$ — coeficientul de amplificare și, respectiv, constanta de timp a blocului de reacție inversă rigidă pe tensiunea de excitație;

$K_{u.e.\,elastic}$; $T_{u.e.\,elastic}$ — coeficientul de amplificare și, respectiv, constanta de timp a blocului de reacție inversă elastică pe tensiunea de excitație;

K_{Ie} — constanta de amplificare a blocului de reacție inversă elastică pe curent rotoric;

T_{do} — constanta de timp a circuitului de excitație al generatorului principal la mers în gol ($T_{do} = 6{,}25$ s). Observație: figura 3 este alcătuită, pentru simplificarea schemei, în ipoteza generatorului funcționînd în gol;

K_G — coeficientul de amplificare în tensiune al generatorului sincron la mers în gol. În unități relative,

$$K_G = 1 = \frac{\text{1 unitate de tensiune de excitație (u.e.)}}{\text{1 unitate de tensiune la bornele generatorului principal (u.t.)}};$$

S — operatorul Laplace.

1. 3. *Deducerea funcțiilor de transfer echivalente*

Pentru simplificarea expresiei finale a funcției de transfer a ansamblului regulator automat de tensiune-excitație, vom nota $Y_u(s)$ din (1) astfel:

$$Y_u(s) = \frac{K_u + K'_u \cdot s}{1 + T_u \cdot s} \cdot W(s). \tag{2}$$

În urma calculelor efectuate, s-a constatat că

$$W(s) = \frac{e^{-s\tau}}{1 + 2\sigma \cdot T \cdot s + T^2 s^2}, \tag{3}$$

în care:

$$\sigma = 0{,}5;$$

$$T = 0{,}025 \text{ s};$$

$$\tau = 0{,}005 \text{ s}.$$

În urma acestui fapt, și ținînd seamă că:

$$K_u = 50 \frac{\text{u.e.}}{\text{u.t.}};$$

$$K'_u = n \cdot 7{,}2 \frac{\text{u.e.}}{\text{u.t./s}} \qquad (n = 0{,}1;\ 0{,}2 \ldots 1{,}0);$$

$$T_u = T'_u = 0{,}025 \text{ s};$$

$$K_f = n' \cdot 13 \frac{\text{u.e.}}{\text{Hz}} \qquad (n' = 0{,}1 \ldots 1{,}0)$$

$$K'_f = n'' \cdot 4{,}8 \frac{\text{u.e.}}{\text{Hz/s}} \qquad (n'' = 0{,}1;\ 0{,}2 \ldots 1{,}0);$$

$$T_{bf} + T_f = 0{,}040 \text{ s};$$

$$T_{bf} + T'_f = 0{,}066 \text{ s},$$

funcțiile de transfer pe canalul tensiunii și frecvenței devin:

$$Y_u(s) = \frac{(50 + n \cdot 7{,}2\, s)}{(1 + 0{,}025 \cdot s} \cdot \frac{\mathrm{e}^{-0{,}005 \cdot s}}{(1 + 0{,}025 \cdot s + 0{,}025^2 \cdot s^2)} \tag{4}$$

$$Y_f(s) = \left(\frac{13 \cdot n'}{1 + 0{,}040 \cdot s} + \frac{4{,}8\, n'' \cdot s}{1 + 0{,}066 \cdot s}\right) \cdot \frac{\mathrm{e}^{-0{,}005 \cdot s}}{1 + 0{,}025 \cdot s + 0{,}025^2 \cdot s^2}. \tag{5}$$

Avînd în vedere valorile mici ale timpului mort și ținînd seamă de dificultățile legate de modelarea pe calculatorul analogic a acestuia, în cele ce urmează s-a presupus $\tau = 0$.

1. 3. *Studiul parametric al regulatorului automat de tensiune pe calculatorul analogic MEDA 40 TA*

S-a realizat o modelare a schemei din figura 3, urmărindu-se (pe canalul de tensine) efectul unor elemente caracteristice. În esenţă putem spune că se pot reţine următoarele concluzii (fig. 4):

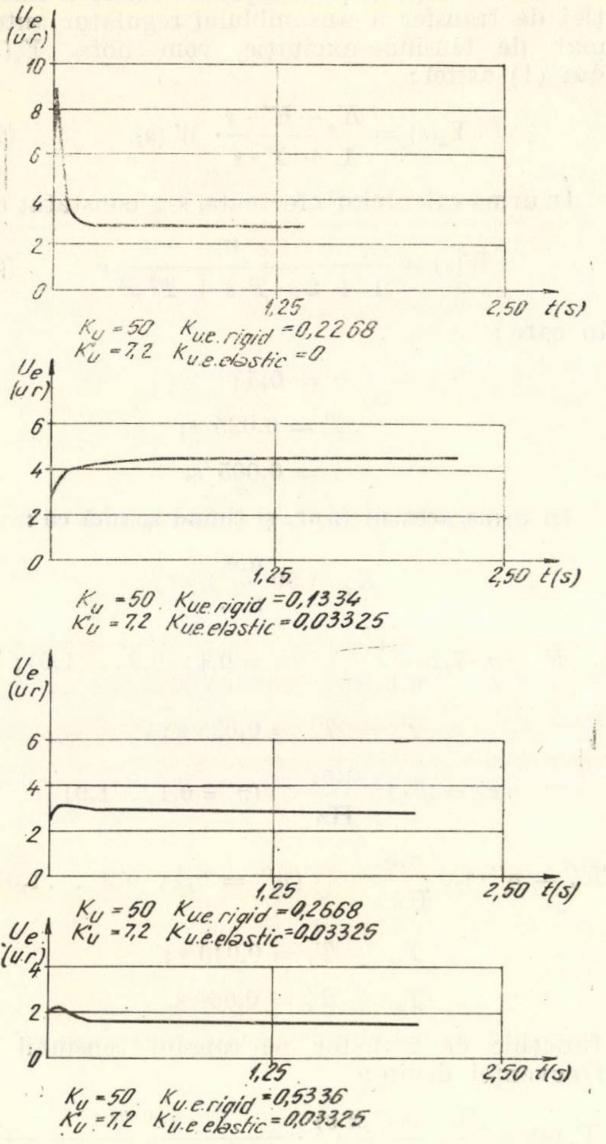


Fig. 4. Variaţia mărimii de ieşire, U_e (*u.r*), funcţie de timp şi de diversele valori ale factorilor de amplificare ai reacţiilor inverse în condiţiile aplicării la intrarea în *RAT* a unei trepte de tensiune (înainte de limitarea introdusă de plafonul de excitaţie).

— Semnalul proporţional cu derivata tensiunii măreşte rapiditatea răspunsului regulatorului.

— Legătura inversă rigidă pe tensiunea rotorică este introdusă de constructor numai în vederea liniarizării caracteristicilor elementelor din lanţul direct. Din punctul de vedere al efectului asupra răspunsului regulatorului de tensiune pentru valori mari ale $K_{ue\,rigid}$, acesta acţionează în sensul reducerii coeficientului global de amplificare. Avînd în vedere scopul menţionat al acestei reacţii inverse, valoarea $K_{ue\,rigid}$ utilizată de constructor este mică, neafectînd, în consecinţă, prea mult valoarea coeficientului de amplificare global.

— Legătura inversă elastică, atît cea pe tensiune rotorică, cît şi cea pe curent rotoric, poate acţiona pentru stabilizarea răspunsului, în sensul că, dacă beneficiarul preferă să lucreze fără canalul de frecvenţă, reacţiile elastice pot da un efect echivalent de întîrziere a răspunsului regulatorului, necesar din motive de stabilizare statică. Dacă se lucrează cu canalul de frecvenţă cuplat, se poate renunţa la blocul de reacţie inversă pe curent rotoric.

2. Regulatorul de viteză afectat grupurilor CHE Porţile de Fier

S-a urmărit pentru acest punct punerea în evidenţă a parametrilor caracteristici ai regulatorului de viteză de tip EGRK—2M—250, cu care sînt înzestrate hidroagregatele CHE Porţile de Fier.

2. 1. *Principiul de funcţionare a regulatorului*

Regulatorul de viteză este de tip electrohidraulic indirect, cu dublă reglare (fig. 8). Regulatorul de viteză de tip electrohidraulic constituie un sistem combinat de reglare, fiind compus din două părţi principale: partea electrică, şi, respectiv, hidraulică.

Realizarea prin circuite electrice a elementului detector al abaterii de turaţie (sau frecvenţă), a preamplificării şi a legăturilor inverse permite o sensibilitate superioară faţă de cea a regulatoarelor mecanohidraulice. În plus, în acest fel se introduce posibilitatea reglării vitezei de rotaţie în funcţie de mai mulţi parametri, şi anume:

— eroarea de turaţie (sau frecvenţă, ca în cazul de faţă);

— nivelul apei;

— semnal de la instalaţia de reglare în grup (de la un consemn unic) a vitezei hidroagregatelor.

Un element caracteristic al regulatorului electrohidraulic EGRK—2M—250 îl constituie legătura inversă elastică, denumită şi legătură izodromică. Această legătură are următoarele uncţiuni:

— asigură funcţionarea stabilă a întregului sistem de reglare a vitezei (regulatorul împreună cu ansamblul turbină-generator);

— realizează o mărire artificială a timpilor de închidere şi deschidere a aparatului director, fapt care permite atenuarea efectului şocurilor hidraulice în conducta de apă.

Parametrii care caracterizează legătura inversă elastică sînt:

— T_a (constanta de timp al egăturii inverse elastice);

— $\beta\%$ (statismul legăturii inverse elastice).

2.2. *Schema structurală a regulatorului automat de viteză*

Cu ajutorul schemei structurale a regulatorului de viteză și al funcției de transfer a ansamblului turbină-generator, prezentate în figurile 8 și 9, a fost determinată funcția de transfer a întregului sistem de reglare a vitezei. Cu ajutorul acestei funcții globale de transfer s-a studiat stabilitatea sistemului de reglare automată a vitezei hidroagregatului. În urma studiului parametric efectuat (aplicînd criteriul lui Bode) în raport cu T_a și β (fig. 5, 6, 7), s-a ajuns la concluzia că parametrii optimi ce asigură stabilitatea sistemului de reglare automată a vitezei pentru situația de funcționare cu generatorul racordat la barele de înaltă tensiune au următoarele valori caracteristice:

$$\beta = 60\,\%,$$

$$T_a = 6\ \mathrm{s},$$

în ipoteza că:

$$l_q = 0{,}5\ \text{(autoreglajul sarcinii)};$$

$$\sigma_d = 0{,}05\ \text{(statismul permanent al regulatorului de viteză)}.$$

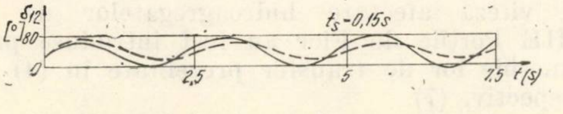


Fig. 5. Variația δ_{12} (*t*) în regim tranzitoriu după eliminarea defectului:
——— cu regulator de tensiune; – – – fără regulator de tensiune.

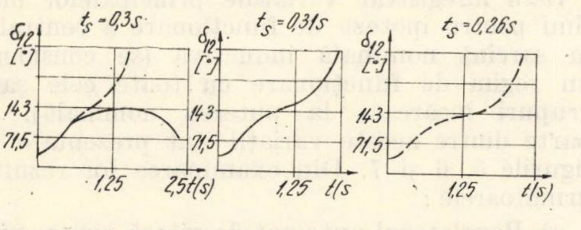


Fig. 6. Variația $\delta_{12}(t)$, funcție de durata scurtcircuitului:
——— cu regulator de tensiune; – – – fără regulator de tensiune.

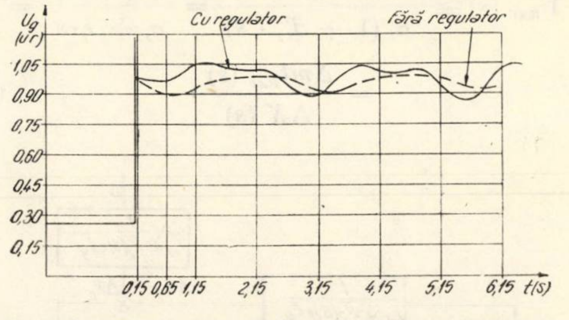


Fig. 7. Variația U_g în regim tranzitoriu după eliminarea defectului.

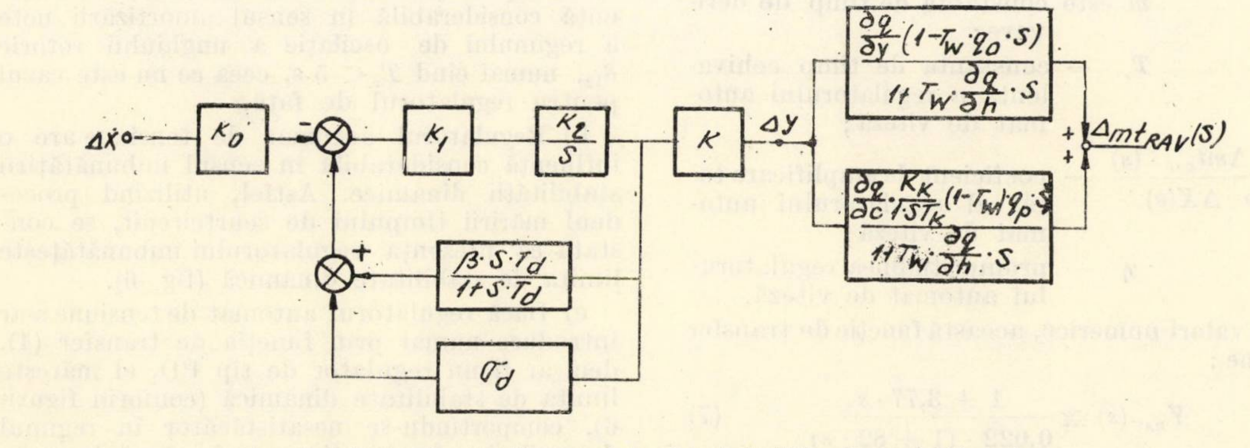

ΔX
K_0
K_1
$\frac{K_2}{S}$
K
Δy
$\frac{\frac{\partial q}{\partial y}(1-T_W\cdot q_0\cdot S)}{1+T_W\frac{\partial q}{\partial h}\cdot S}$
$\Delta mt_{RAV}(S)$
$\frac{\frac{\partial q}{\partial c}\cdot\frac{K_K}{1\cdot ST_K}(1-T_W\cdot q_p\cdot S)}{1+T_W\frac{\partial q}{\partial h}\cdot S}$
+
+
$\frac{\beta\cdot S\cdot T_d}{1+S\cdot T_d}$
σ_d

Fig. 8. Schema structurală a regulatorului electrohidraulic cu dublă reglare:

$X = \dfrac{f_0 - f_{calcul}}{f_{calcul}}$ – abaterea de frecvență în unități relative;

$Y = \dfrac{\Psi(\mathrm{mm})}{\Psi_{max}(\mathrm{mm})}$ – deplasarea servomotorului aparatului director (în unități relative);

$\Delta mt_{RAV}\,(s)$ – variația cuplului turbinei datorită variației debitului de apă ca urmare a efectului *RAV*;

$K_1\left[5{,}32\dfrac{\mathrm{mm}}{\mathrm{V}}\right]$ – coeficientul de amplificare al elementului frecvento-sensibil;

$K_0\left[3\dfrac{\mathrm{V}}{\mathrm{Hz}}\right]$ – coeficientul de amplificare de la elementul sensibil la sertarul principal;

$K_2\left[11{,}8\dfrac{\mathrm{mm}}{\mathrm{sec.mm}}\right]$ – înclinarea caracteristicii servomotorului;

$\beta\left[\dfrac{\mathrm{V}}{\mathrm{mm}}\right]$ – statismul legăturii inverse elastice;

$\dfrac{\partial q}{\partial y}$ (0,88) – variația debitului funcție de deschiderea aparatului director (în unități relative);

T_w (2,23 s) – constanta de timp a conductei de aducțiune a apei în turbină;

T_k (2,42 s) – constanta de timp a servomotorului paletelor rotorice;

$\dfrac{\partial q}{\partial h}$ (0,287) – variația debitului funcție de cădere (în unități relative);

K_k (2,64) – coeficientul de amplificare al servomotorului paletelor rotorice;

$\dfrac{\partial q}{\partial \varphi}$ (0,543) – variația debitului funcție de unghiul de înclinare al paletelor rotorice (în unități relative);

τ_d – statismul permanent al *RAV*.

$$K = \frac{f_c}{\Psi_{max}} = \frac{50\mathrm{Hz}}{1160\ \mathrm{mm}} \qquad \frac{\Delta mt_{RAV}\,(s)}{\Delta X(s)} = Y_{RAV}\,(s).$$

Cu aceste valori, funcţia de transfer ce asigură funcţionarea stabilă la mers în sarcină a regulatorului automat de viteză are forma :

$$Y_{RAV}(s) \cong \frac{1 + m \cdot s}{\sigma_e (1 + T_v \cdot s)} = \frac{1 + m \cdot s}{\sigma_e + \eta \cdot s} = \frac{\Delta mt_{RAV}(s)}{\Delta X(s)}, \qquad (6)$$

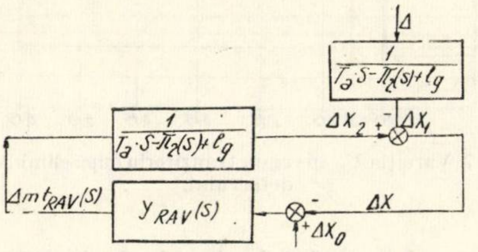


Fig. 9. Schema structurală a sistemului de reglare automată a vitezei :

Δ – perturbaţia din reţea ce generează o abatere a turaţiei faţă de cea nominală ;
ΔX – abaterea de turaţie sau frecvenţă (în unităţi relative) ;
Y_{RAV} – functia de transfer a regulatorului ;
$\Delta mt_{RAV}(s)$ – variaţia momentului turbinei funcţie de debit ca urmare a efectului *RAV* ;
T_a – timpul de lansare (7 s)
$\pi_2(s)$ – autoreglajul operaţional al turbinei ;
lg – autoreglajul sarcinii $(-0{,}5 \lessgtr lg \lessgtr +0{,}5)$;
ΔX_2 – efectul regulatorului asupra turaţiei ;
ΔX_0 – variaţia consemnului *RAV*.

în care :

m este constantă de timp de derivare ;
T_v — constanta de timp echivalentă a regulatorului automat de viteză ;
$\frac{1}{\sigma_e} = \frac{\Delta mt_{RAV} \cdot (s)}{\Delta X(s)}_{s \to 0}$ — coeficient de amplificare total al regulatorului automat de viteză ;
η — promptitudinea regulatorului automat de viteză.

În valori numerice, această funcţie de transfer devine :

$$Y_{RAV}(s) \cong \frac{1 + 3{,}77 \cdot s}{0{,}022 \cdot (1 + 82 \cdot s)} \qquad (7)$$

3. Influenţa parametrilor regulatoarelor automate de tensiune şi viteză asupra stabilităţii dinamice

3. 1. *Modelarea schemei echivalente*

Stabilitatea dinamică s-a studiat pe un model format din două generatoare echivalente, unul al sistemului, redus la bornele generatorului echivalent de la Porţile de Fier (al doilea), şi o sarcină echivalentă pe bara de reducere (calculele s-au făcut pentru etapa 1971, vîrf seară—vară). Drept perturbaţie este considerată apariţia unui scurtcircuit trifazat pe linia de 220 kV Porţile de Fier — Reşiţa, în imediata apropiere a barei de 220 kV a staţiei CHE Porţile de Fier. După 0,15 s defectul este eliminat simultan cu deconectarea liniei. Modelarea s-a făcut pe calculatorul analogic MEDA 40 TA.

După intervalul de timp în care se menţine scurtcircuitul (0,15 s), cu ajutorul unor elemente de comutare se face transferul instantaneu pe schema corespunzătoare regimului de deconectare (regimul de după scurtcircuit).

În sistemul de ecuaţii care permit studierea stabilităţii dinamice, regulatoarele de tensiune şi viteza afectate hidroagregatelor de la CHE Porţile de Fier au fost introduse prin funcţiile lor de transfer prezentate în (4) şi, respectiv, (7).

3. 2. *Analiza rezultatelor obţinute*

S-au înregistrat variaţiile principalelor mărimi pentru ipoteza de funcţionare a centralei în sarcină nominală inductivă (se consideră un regim de funcţionare cu toate cele şase grupuri încărcate la puterea nominală). O parte dintre aceste variaţii sînt prezentate în figurile 5, 6 şi 7. Din examinarea lor rezultă următoarele :

a) Regulatorul automat de viteză nu are nici o influenţă asupra stabilităţii dinamice. Din studiul parametric efectuat ar rezulta o influenţă considerabilă în sensul amortizării nete a regimului de oscilaţie a unghiului rotoric δ_{12}, numai cînd $T_v < 5$ s, ceea ce nu este cazul pentru regulatorul de faţă.

b) Regulatorul automat de tensiune are o influenţă considerabilă în sensul îmbunătăţirii stabilităţii dinamice. Astfel, utilizînd procedeul măririi timpului de scurtcircuit, se constată că prezenţa regulatorului îmbunătăţeşte limita de stabilitate dinamică (fig. 6).

c) Dacă regulatorul automat de tensiune s-ar introduce numai prin funcţia de transfer (4), deci ar fi un regulator de tip PD, el măreşte limita de stabilitate dinamică (conform figurii 6), comportîndu-se nesatisfăcător în regimul de oscilaţie a unghiurilor rotorice după deconectarea scurtcircuitului (fig. 5). În acest caz regulatorul proporţional are tendinţa nefavorabilă de creştere a oscilaţiilor, amortizarea oscilaţiilor fiind mai mică decît în ipoteza de funcţionare fără regulator (oscilaţii naturale).

Prezenţa canalului de frecvenţă ce se introduce prin funcţia de transfer (5) acţionează tocmai în sensul îmbunătăţirii regimului de oscilaţie după deconectarea scurtcircuitului.

d) Figura 7 pune în evidenţă efectul favorabil al regulatorului automat de tensiune în menţinerea tensiunii la valori apropiate de cele nominale după deconectarea defectului.

Concluzii

— Putem afirma că regulatoarele automate de tensiune şi viteză afectate CHE Porţile de Fier sînt dimensionate în ipoteze corecte de funcţionare, fapt ce asigură o bună stabilizare în regimurile tranzitorii.

— Ambele regulatoare sînt construite pe tehnica amplificatoarelor magnetice (ne referim la regulatorul automat de tensiune şi la partea electrică a regulatorului automat de viteză). Deşi actualmente tehnica regulatoarelor tranzistorizate tinde să se substituie, cu performanţe mai bune, celei a regulatoarelor cu amplificatoare magnetice, totuşi, din punctul de vedere al fiabilităţii, avantajul rămîne încă de partea acestora din urmă.

— Utilizarea unui regulator de tensiune rapid, acţionînd asupra unui sistem de excitaţie tiristorizat, contribuie vizibil la îmbunătăţirea stabilităţii centralei (cu 7—10% faţă de sistemul de excitaţie cu maşină de curent continuu, iar regulatorul de tensiune fără stabilizare în frecvenţă).

Bibliografie

[1] Venikov V. A. *Perehodnîe elektromehaniceskie proţessî v elektriceskih sistemah.* Izd. Energhiia, 1964.

[2] Gherţenberg, G. R. *Avtomaticeskie reguleatori vozdujeniia.* Izd. Energhiia, 1966.

[3] Venikov, V. A. şi Gherţenberg, G. R. *Silnoe regulirovanie vozdujeniia.* Gosudarstvennoe energheticeskoe izdatelstvo, 1963.

[4] Dandeno, P. L. şi Karas, A. N. *Effect of high-speed rectifier excitation systems on generator stability limits.* IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems, vol. 87, nr. 1, 1968.

[5] Kron, G. *Super-regulator.* El. Journal, IV, 1955.

[6] Poluşkin, H. R. *Avtomaticeskie regulirovanie ghidroturbin.* Izd. Energhiia, 1967.

[7] * * * Lucrare ISPE nr. 1073/231. *Utilizarea calculatoarelor electronice cifrice şi analogice în analiza regimurilor şi conducerea sistemului electroenergetic (la analiza condiţiilor de stabilitate dinamică).* Bucureşti, iunie 1968.

[8] Ionescu, S. şi Staadecker, M. *Algoritm pentru calculul regimurilor dinamice din sistemele electroenergetice.* Energetica nr. 4, 1969.

[9] Voronin V. K. şi Ghesse, B. A. *Eksperimentalnoe issledovanie sistemî vozdujeniia ghidroghenератorov* bratskoi GES, nr. 3, 1969 .

(Articol intrat în redacţie la 22 mai 1970)

Un procedeu de identificare statistică pasivă a proceselor dinamice din energetică

Ing. **Dan Cautiş** şi
matem. **Siegried Moga***)

Problema generală a identificării constă în obţinerea unei descrieri complete a relaţiilor dintre mărimile de intrare, $x_1,x_2..x_K$, şi cele de ieşire, $y_1, y_2..y_K$, ale unui element al sistemului automat. Utilitatea identificării proceselor energetice provine din necesitatea acordării corecte a regulatoarelor buclelor de automatizare cu care este dotată instalaţia. Metodele de identificare folosite în energetică sînt de două feluri: teoretice şi experimentale. Metodele teoretice permit obţinerea caracteristicilor dinamice ale proceselor, pornind de la proiectul tehnic al instalaţiei, calculul termodinamic şi proiectul instalaţiei de automatizare.

Deşi în ultimul timp s-au obţinut progrese importante în această direcţie, identificarea teoretică este complicată şi dificil de aplicat. Ea este folosită în special de firmele constructoare de cazane de abur pentru obţinerea valorilor de acord ale regulatoarelor în faza de execuţie a instalaţiei, înainte de punerea ei în funcţiune. Dintre metodele de identificare experimentale, aplicabile numai pentru instalaţii în funcţiune, sînt folosite mai frecvent cele cu semnale de probă (treaptă, rampă sau semnale armonice emise de generatoare speciale de foarte joasă frecvenţă).

Aceste metode prezintă cîteva dezavantaje. Folosirea lor implică perturbarea mersului normal al instalaţiei, ceea ce nu este totdeauna admisibil; chiar şi atunci cînd perturbarea este posibilă, ea trebuie păstrată în anumite limite ale valorilor parametrilor, limite impuse de funcţionarea corectă a grupului energetic. Un alt dezavantaj constă în micşorarea preciziei metodei datorită perturbaţiilor la intrarea obiectului, al căror efect nu poate fi distins, în răspunsul tranzitoriu, de efectul mărimii de intrare urmărit.

În general, metodele de identificare folosite sînt valabile numai în ipoteza liniarităţii obiectelor. Este însă ştiut că procesele energetice prezintă un aspect foarte pronunţat, caracteristicile dinamice fiind puternic dependente de punctul de funcţionare (sarcina) al instalaţiei. Prin urmare, metodele cu semnale de probă, care modifică punctul de funcţionare al instalaţiei cu 5—10%, vor fi afectate de erori de neliniaritate relativ mari. Aceste dezavantaje sînt înlăturate prin identificarea statistică pasivă.

Începînd cu lucrările lui N. Wiener [7], s-a dezvoltat teoria statistică a transmisiei informației, ceea ce a permis și rezolvarea unei probleme de identificare (determinare a funcției de transfer) în timpul funcționării normale a instalației, fără nici o perturbație artificial introdusă.

---

*) Ing. Dan Cautiş lucrează la IRME, serviciul automatizări termomecanice, iar matem. Siegried Moga la serviciul de calcul electronic al aceleiaşi întreprinderi.

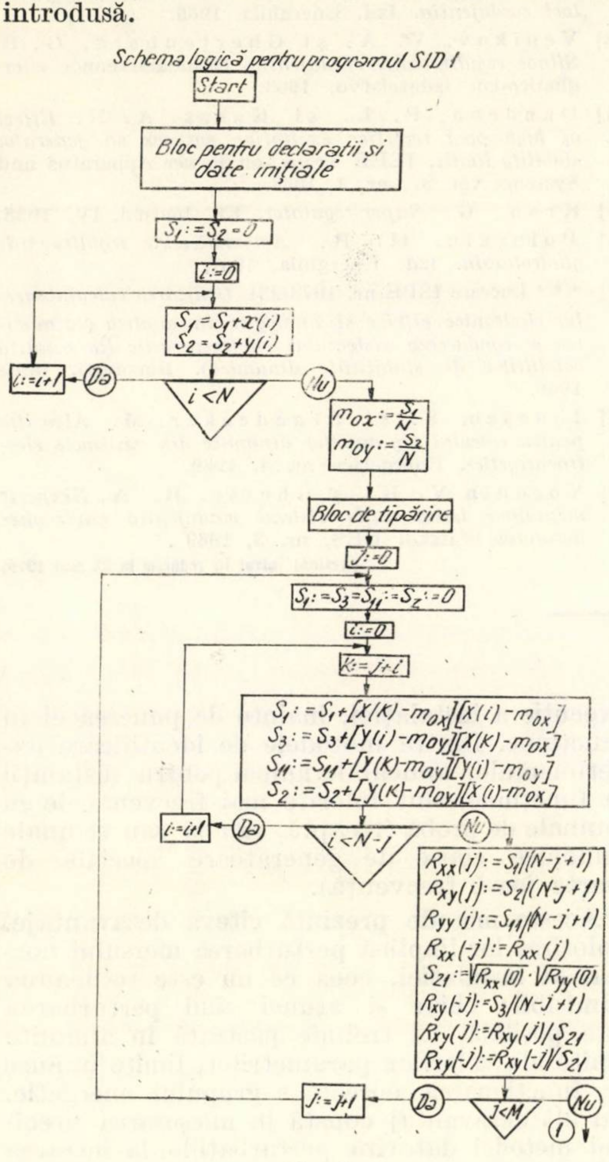

Schema logică pentru programul SID 1
Start
Bloc pentru declarații și date inițiale
$S_1:=S_2=0$
$i:=0$
$S_1=S_1+x(i)$
$S_2=S_2+y(i)$
$i:=i+1$
Da
$i<N$
Nu
$m_{ox}:=\frac{S_1}{N}$
$m_{oy}:=\frac{S_2}{N}$
Bloc de tipărire
$j:=0$
$S_1:=S_3=S_{11}:=S_2:=0$
$i:=0$
$K:=j+i$
$S_1:=S_1+[X(K)-m_{ox}][X(i)-m_{ox}]$
$S_3:=S_3+[Y(i)-m_{oy}][X(K)-m_{ox}]$
$S_{11}:=S_{11}+[Y(K)-m_{oy}][Y(i)-m_{oy}]$
$S_2:=S_2+[Y(K)-m_{oy}][X(i)-m_{ox}]$
$i:=i+1$
Da
$i<N-j$
Nu
$R_{xx}(j):=S_1/(N-j+1)$
$R_{xy}(j):=S_2/(N-j+1)$
$R_{yy}(j):=S_{11}/(N-j+1)$
$R_{xx}(-j):=R_{xx}(j)$
$S_{21}:=\sqrt{R_{xx}(0)}\cdot\sqrt{R_{yy}(0)}$
$R_{xy}(-j):=S_3/(N-j+1)$
$R_{xy}(j):=R_{xy}(j)/S_{21}$
$R_{xy}(-j):=R_{xy}(-j)/S_{21}$
$j:=j+1$
Da
$j<M$
Nu
①

Fig. 1 a

În cele ce urmează va fi expus, după Solodovnikov [3], un procedeu de identificare statistică pasivă care necesită folosirea calculatoarelor cifrice.

Se consideră x (K, t_1) un proces aleatoriu staționar (proprietățile probabilistice nu depind de originea timpului) și ergodic (momentele statistice sînt egale cu momentele în timp), în care t este timpul, iar K o variabilă aleatorie în spațiul eșantioanelor. Întregul algoritm elaborat în cele ce urmează este valabil numai în ipoteza ergodicității proceselor aleatorii. Orice proces ergodic este staționar; afirmația inversă nu este valabilă totdeauna. De aceea vom face presupunerea (confirmată experimental) că procesele energetice staționare sînt ergodice.

Prin urmare, pentru ca metoda să fie valabilă este necesar să se lucreze numai cu procese energetice staționare. Practic, aceasta înseamnă că este necesar să se aleagă numai porțiunile staționare dintr-o înregistrare a unui proces energetic.

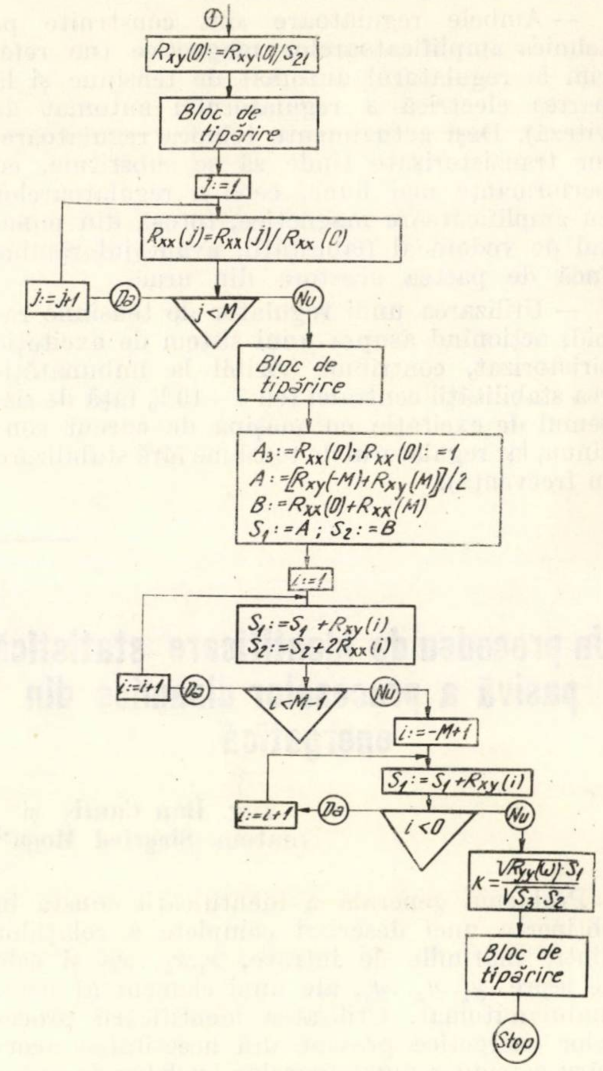

①
$R_{xy}(0):=R_{xy}(0)/S_{21}$
Bloc de tipărire
$j:=1$
$R_{xx}(j)=R_{xx}(j)/R_{xx}(0)$
$j:=j+1$
Da
$j<M$
Nu
Bloc de tipărire
$A_3:=R_{xx}(0); R_{xx}(0):=1$
$A:=[R_{xy}(-M)+R_{xy}(M)]/2$
$B:=R_{xx}(0)+R_{xx}(M)$
$S_1:=A;\ S_2:=B$
$i:=1$
$S_1:=S_1+R_{xy}(i)$
$S_2:=S_2+2R_{xx}(i)$
$i:=i+1$
Da
$i<M-1$
Nu
$i:=-M+1$
$S_1:=S_1+R_{xy}(i)$
$i:=i+1$
Da
$i<0$
Nu
$K=\frac{\sqrt{R_{yy}(\omega)}\cdot S_1}{\sqrt{S_3\cdot S_2}}$
Bloc de tipărire
Stop

Fig. 1 b

Pentru K fixat se obține o realizare a procesului aleatoriu $x^{(K)}(t) = x(t)$ și vom analiza în cele ce urmează un obiect liniar cu intrare $x(t)$ și ieșire $y(t)$, ambele fiind realizări ale unor procese aleatorii ergodice.

Se definește momentul de ordinul 2, funcția de autocorelație pentru intrare:

$$R_{xx}(\tau) = \lim_{T\to\infty}\frac{1}{T}\int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} x(t)\cdot x(t+\tau)\cdot dt.$$

După cum se poate uşor constata, această funcţie este o funcţie pară $R_{xx}(\tau) = R_{xx}(-\tau)$ şi nu depăşeşte valoarea din origine $R_{xx}(0)$, ceea ce ne permite să o normăm:

$$\rho_{xx}(\tau) = \frac{R_{xx}(\tau)}{R_{xx}(0)}.$$

Se defineşte, de asemenea, un moment mixt de ordinul 2, funcţia de intercorelaţie între ieşire-intrare:

$$R_{xy}(\tau) = \lim_{T\to\infty}\frac{1}{T}\int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} x(t).y\,(t+\tau)\,\mathrm{d}t.$$

Această funcţie nu este pară, ci se supune proprietăţii $R_{xy}(\tau) = R_{yx}(-\tau)$. Valoarea ei nu depăşeşte mărimea $\sqrt{R_{xx}(0).R_{yy}(0)}$, în care $R_{yy}(0)$ este valoarea în origine a funcţiei de autocorelaţie a ieşirii, ceea ce permite normarea acestei funcţii:

$$\rho_{xy}(\tau) = \frac{R_{xy}(\tau)}{\sqrt{R_{xx}(0)\cdot R_{yy}(0)}}.$$

Două procese necorelate probabilistic vor avea funcţia de intercorelaţie nulă pe tot domeniul.

Se introduc, de asemenea (teorema Wiener-Hincin), densităţile spectrale de putere ca transformate Fourier ale funcţiilor de autocorelaţie $R_{xx}(\tau)$ şi intercorelaţie $R_{xy}(\tau)$. Dar

$$R_{xx}(\tau) \xrightarrow[\tau\to\infty]{} m_{0x}^2,$$

unde m_{0x} este valoarea medie a procesului $x(t)$; o funcţie astfel definită nu are transformată Fourier. Pentru a putea totuşi introduce densităţile spectrale, este necesar să se centreze valorile $x(t)$ şi $y(t)$, astfel că noile definiţii pentru $R_{xx}(\tau)$ şi $R_{xy}(\tau)$ vor fi:

$$R_{xx}(\tau) = \lim_{T\to\infty}\frac{1}{T}\int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} [x(t)-m_{0x}][x(t+\tau)-m_{0x}]\cdot \mathrm{d}t;$$

$$R_{xy}(\tau) = \lim_{T\to\infty}\frac{1}{T}\int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} [x(t)-m_{0x}][y(t+\tau)-m_{0y}]\cdot \mathrm{d}t;$$

În acest caz,

$$R_{xx}(\tau) \xrightarrow[\tau\to\infty]{} 0,$$

ceea ce asigură convergenţa integralei prin care se obţine transformata Fourier.

Densităţile spectrale de putere $S_{xx}(\omega)$ şi $S_{xy}(j\omega)$ vor fi:

$$S_{xx}(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} R_{xx}(\tau).e^{-j\omega\tau}\cdot \mathrm{d}\tau;$$

$$S_{xy}(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} R_{xy}(\tau).e^{-j\omega\tau}\cdot \mathrm{d}\tau.$$

Cum $R_{xx}(\tau)$ este egal cu $R_{xx}(-\tau)$, rezultă că

$$S_{xx}(\omega) = 2\int_0^{\infty} R_{xx}(\tau)\cdot\cos\omega\tau\cdot \mathrm{d}\tau$$

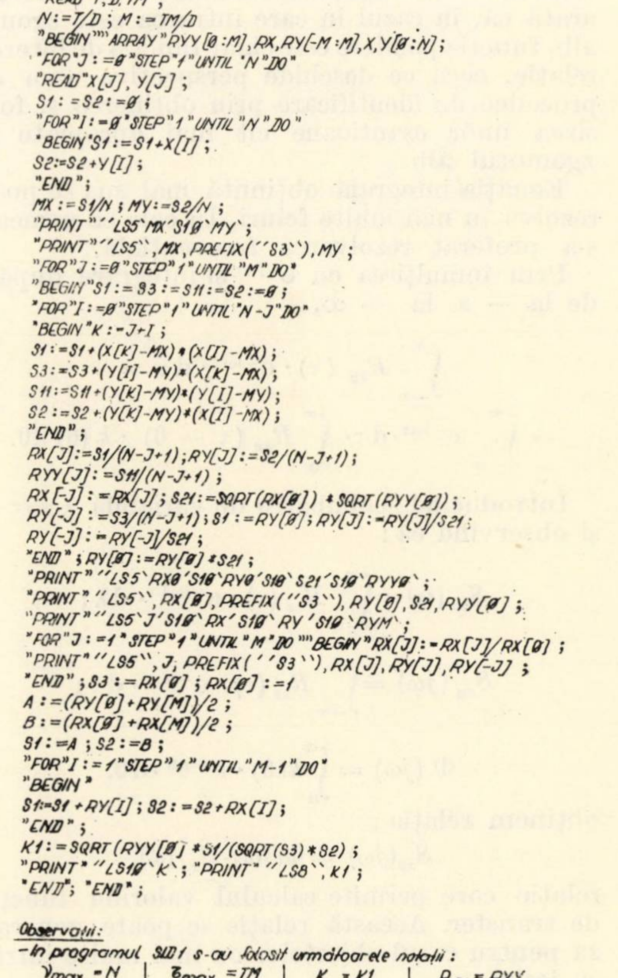
este o mărime reală, în timp ce $S_{xy}(j\omega)$ va fi o mărime complexă:

$$S_{xy}(j\omega) = Re\,S_{xy}(j\omega) + jIm\,S_{xy}(j\omega).$$

Să considerăm un obiect liniar cu o intrare $x(t)$, o perturbaţie $f(t)$ şi o ieşire $y(t)$. Fie $k(t)$ funcţia pondere a intrării, $h(t)$ funcţia pondere la perturbaţie, iar $\Phi(j\omega)$ transformata Fourier a funcţiei $k(t)$, adică funcţia de transfer a obiectului.

Integrala de convoluţie dă legătura ieşire-intrare:

$$y(t) = \int_0^{\infty} x(t-\theta)\cdot k(\theta).\mathrm{d}\theta + \int_0^{\infty} f(t-\theta)\cdot h(\theta).\mathrm{d}\theta.$$



```
SID1 ;
"BEGIN""INTEGER"N,M,I,J,K ;
"REAL"T,D,S11,S21,TM,S1,S2,MX,MY,S3,A,B,K1;
"READ"T,D,TM ;
N:=T/D ; M:=TM/D
"BEGIN""ARRAY"RYY[0:M],RX,RY[-M:M],X,Y[0:N];
"FOR"J:=0"STEP"1"UNTIL"N"DO"
"READ"X[J],Y[J] ;
S1:=S2:=0 ;
"FOR"I:=0"STEP"1"UNTIL"N"DO"
"BEGIN"S1:=S1+X[I] ;
S2:=S2+Y[I] ;
"END";
MX:=S1/N ; MY:=S2/N ;
"PRINT"''LS5`MX'S10`MY` ;
"PRINT"''LS5``,MX,PREFIX(''S3``),MY ;
"FOR"J:=0"STEP"1"UNTIL"M"DO"
"BEGIN"S1:=S3:=S11:=S2:=0 ;
"FOR"I:=0"STEP"1"UNTIL"N-J"DO"
"BEGIN"K:=J+I ;
S1:=S1+(X[K]-MX)*(X[I]-MX) ;
S3:=S3+(Y[I]-MY)*(X[K]-MX) ;
S11:=S11+(Y[K]-MY)*(Y[I]-MY) ;
S2:=S2+(Y[K]-MY)*(X[I]-MX) ;
"END";
RX[J]:=S1/(N-J+1);RY[J]:=S2/(N-J+1);
RYY[J]:=S11/(N-J+1) ;
RX[-J]:=RX[J]; S21:=SQRT(RX[0]) * SQRT(RYY[0]);
RY[-J]:=S3/(N-J+1); S1:=RY[0]; RY[J]:=RY[J]/S21;
RY[-J]:=RY[-J]/S21 ;
"END"; RY[0]:=RY[0]*S21 ;
"PRINT"''LS5`RX0'S10`RY0'S10`S21'S10`RYY0` ;
"PRINT"''LS5``,RX[0],PREFIX(''S3``),RY[0],S21,RYY[0] ;
"PRINT"''LS5`J'S10`RX'S10`RY'S10`RYM` ;
"FOR"J:=1"STEP"1"UNTIL"M"DO""BEGIN"RX[J]:=RX[J]/RX[0] ;
"PRINT"''LS5``,J, PREFIX(''S3``),RX[J],RY[J],RY[-J] ;
"END"; S3:=RX[0] ; RX[0]:=1
A:=(RY[0]+RY[M])/2 ;
B:=(RX[0]+RX[M])/2 ;
S1:=A ; S2:=B ;
"FOR"I:=1"STEP"1"UNTIL"M-1"DO"
"BEGIN"
S1:=S1+RY[I] ; S2:=S2+RX[I] ;
"END" ;
K1:=SQRT(RYY[0]*S1/(SQRT(S3)*S2) ;
"PRINT"''LS10`K`; "PRINT"''LS8``,K1 ;
"END"; "END" ;
```

Observaţii:

– În programul SID1 s-au folosit următoarele notaţii:

$\nu_{max} = N$	$\tau_{max} = TM$	$K = K1$	$R_{yy} = RYY$
$\mu_{max} = M$	$m_{0x} = MX$	$R_{xx} = RX$	$x_\nu = X[I]$
$\Delta = D$	$m_{0y} = MY$	$R_{xy} = RY$	$y_\nu = Y[I]$

Pentru calculul $R_{xy}(-\tau)$ s-a folosit proprietatea $R_{xy}(-\tau) = R_{yx}(\tau)$

Fig. 2

Înmulţind cu $x(t-\tau)$, integrînd de la 0 la T şi împărţind cu T, vom obţine:

$$R_{xy}(\tau) = \int_0^\infty R_{xx}(\tau - \theta) \cdot K(\theta) \cdot d\theta + $$
$$+ \int_0^\infty R_{xf}(t - \theta) \cdot h(\theta) . d\theta.$$

Dacă intrarea este necorelată cu perturbaţia $R_{xf}(\tau - \theta) = 0$,

$$R_{xy}(\tau) = \int_0^\infty R_{xx}(\tau - \theta) \cdot K(\theta) \cdot d\theta.$$

Aceasta este relaţia fundamentală în identificarea statistică pasivă. Pentru obţinerea caracteristicii dinamice $k(t)$ este necesar să se rezolve ecuaţia integrală de mai sus.

Dacă mărimea de intrare este zgomot alb, atunci $R_{xx}(\tau) = \delta(\tau)$, iar

$$R_{xy}(\tau) = \int_0^\infty \delta(\tau - \theta) \cdot K(\theta)\, d\theta = K(\tau),$$

unde $\delta(\tau)$ este funcţia lui Dirac. Această relaţie arată că, în cazul în care intrarea este zgomot alb, funcţia pondere este chiar funcţia de intercorelaţie, ceea ce deschide perspectiva unor noi procedee de identificare prin obţinerea şi folosirea unor eşantioane cît mai apropiate de zgomotul alb.

Ecuaţia integrală obţinută mai sus se poate rezolva în mai multe feluri. În cele ce urmează s-a preferat rezolvarea frecvenţială.

Prin înmulţirea cu $e^{-j\omega\tau}$ şi integrare după τ de la $-\infty$ la $+\infty$,

$$\int_{-\infty}^{\infty} R_{xy}(\tau) \cdot e^{-j\omega\tau} \cdot d\tau =$$
$$= \int_{-\infty}^{\infty} e^{-j\omega\tau} \cdot d\tau \cdot \int_0^\infty R_{xx}(\tau - \theta) \cdot k(\theta)\, d\theta.$$

Introducînd schimbarea de variabilă $\lambda = \tau - \theta$ şi observînd că:

$$S_{xx}(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} R_{xx}(\tau) \cdot e^{-j\omega\lambda} \cdot d\lambda;$$

$$S_{xy}(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} R_{xy}(\tau) \cdot e^{-j\omega\tau} \cdot d\tau;$$

$$\Phi(j\omega) = \int_0^\infty k(\theta) \cdot e^{-j\omega\theta} \cdot d\theta,$$

obţinem relaţia:

$$S_{xy}(j\omega) = \Phi(j\omega) \cdot S_{xx}(\omega),$$

relaţie care permite calculul valorilor funcţiei de transfer. Această relaţie se poate generaliza pentru cazul obiectelor cu mai multe intrări şi ieşiri.

Pe baza relaţiei de mai sus, după Solodovnikov, s-a elaborat un algoritm de calcul al valorilor funcţiei de transfer pentru diverse valori ω, iar pe baza algoritmului s-au elaborat două programe în restricţia 4.100 a limbajului ALGOL—60 pentru calculul mărimilor necesare pe calculator cifric.

Formulele de calcul al funcţiilor R_{xx} şi R_{xy} se pot transforma în sume prin introducerea discretizării pe axa t şi τ.

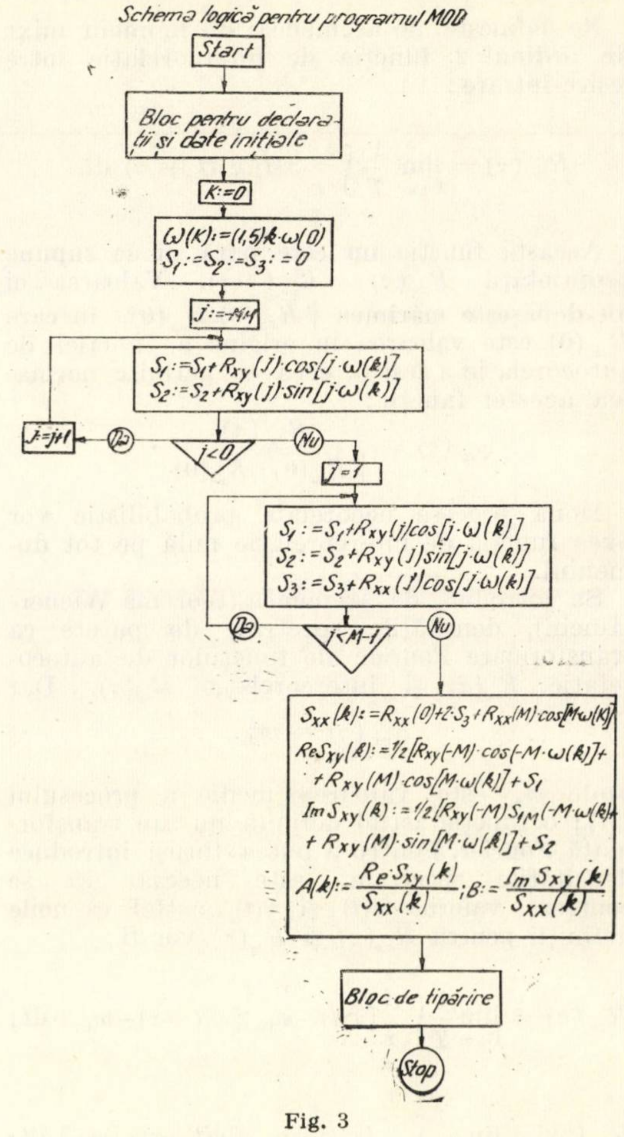

Schema logică pentru programul MOD
Start
Bloc pentru declaraţii şi date iniţiale
K:=0
ω(K):=(1,5)k·ω(0)
S₁:=S₂:=S₃:=0
j:=-M+1
S₁:=S₁+Rxy(j)·cos[j·ω(k)]
S₂:=S₂+Rxy(j)·sin[j·ω(k)]
j=j+1
Da
j<0
Nu
j=1
S₁:=S₁+Rxy(j)cos[j·ω(k)]
S₂:=S₂+Rxy(j)sin[j·ω(k)]
S₃:=S₃+Rxx(j)cos[j·ω(k)]
Da
j<M-1
Nu
Sxx(k):=Rxx(0)+2·S₃+Rxx(M)·cos[M·ω(k)]
ReSxy(k):=1/2[Rxy(-M)·cos(-M·ω(k)]+
+Rxy(M)·cos[M·ω(k)]+S₁
ImSxy(k):=1/2[Rxy(-M)sin(-M·ω(k)+
+Rxy(M)·sin[M·ω(k)]+S₂
A(k):=ReSxy(k)/Sxx(k); B:=ImSxy(k)/Sxx(k)
Bloc de tipărire
Stop

Fig. 3

De asemenea, integralele cu ajutorul cărora se calculează S_{xx} şi S_{xy} pot fi făcute calculabile pe calculatorul numeric, folosindu-se formula trapezelor pentru diferite valori ω fixate anterior.

Primul program SID—1 realizează calculul mărimilor $R_{xx}(\tau)$, $R_{xy}(\tau)$ şi al coeficientului de amplificare al funcţiei de transfer, K. Ca date de intrare se folosesc valorile $x(t)$ şi $y(t)$ cuantificate cu un pas Δ, stabilit anterior, după Klokov [8]. De asemenea, în program se mai introduc: T — valoarea perioadei de integrare pentru funcţia $R_{xx}(\tau)$ şi τ_{max} — valoarea maximă a lui τ pentru care se execută calculul.

Programul realizează următoarele operaţii:

— calculul valorilor medii pentru $x(t)$ şi $y(t)$, m_{0x} şi m_{0y};

— centrarea $\overset{\circ}{x}(t)=x(t)-m_{0x}$; $\overset{\circ}{y}(t)=y(t)-m_{0y}$;

— calculul funcţiei de autocorelaţie $R_{xx}(\tau)$;

— calculul funcţiei de intercorelaţie $R_{xy}(\tau)$;

— calculul coeficientului de amplificare al funcţiei de transfer,

$$K=\frac{\int_{-\tau_{max}}^{\tau_{max}} R_{xy}(\tau)\cdot d\tau}{2\int_{0}^{\tau_{max}} R_{xx}(\tau)\cdot d\tau}.$$

Programul al doilea, MOD, foloseşte ca mărimi de intrare valorile funcţiilor de corelaţie determinate cu SID—1 şi calculează:

— densitatea autospectrală $S_{xx}(\omega)$;

— densitatea interspectrală $S_{xy}(j\omega)$;

— funcţia de transfer $\Phi(j\omega)$:

$$\Phi(j\omega)=\frac{Re\,S_{xy}(j\omega)}{S_{xx}(\omega)}+j\frac{Im\,S_{xy}(j\omega)}{S_{xx}(\omega)}.$$

Procedeul de identificare prezentat nu este afectat de dezavantajele celorlalte metode descrise la început.

Identificarea statistică pasivă permite obţinerea informaţiilor necesare fără perturbarea mersului normal al instalaţiei energetice.

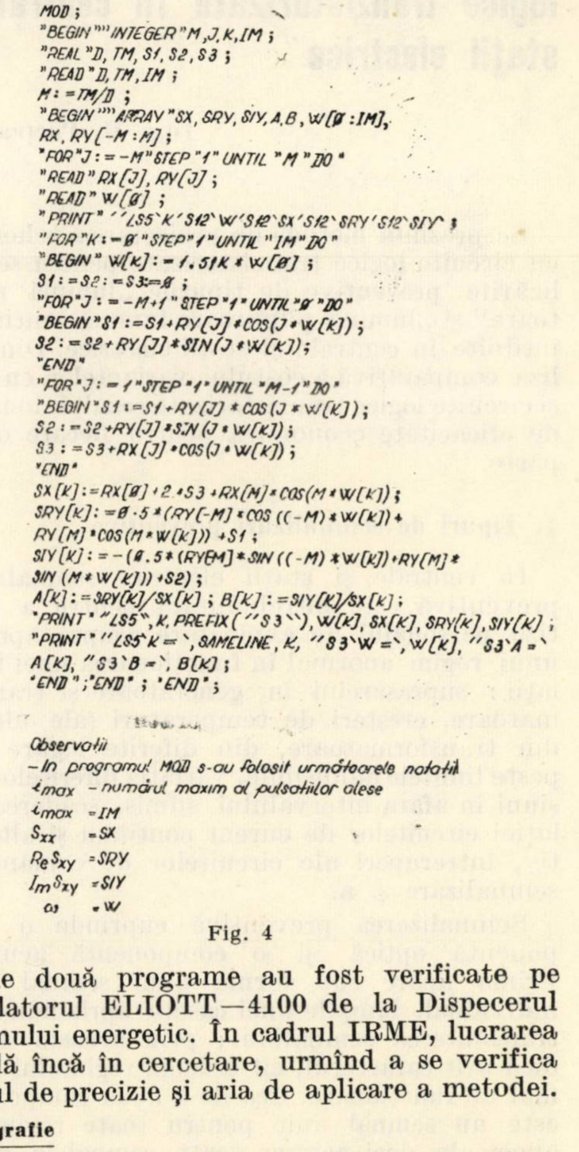
De asemenea, aşa cum s-a demonstrat anterior, perturbaţiile necorelate cu intrarea nu introduc erori; în plus, efectul nedorit al neliniarităţii obiectului este mult mai puţin simţit, deoarece se folosesc variaţii mici, aleatorii, ale parametrilor.

Informaţiile primare asupra procesului analizat se obţin prin înregistrarea în condiţii normale de exploatare a mărimilor care interesează, pe înregistratoare cu scală extinsă şi cu viteză mare de deplasare a diagramei.

Prin cuantificarea realizărilor $x(t)$ şi $y(t)$ rezultă datele ce urmează a fi prelucrate după procedeul de identificare statistică. Procedeul implică dificultăţi de prelucrare prin volumul extrem de mare de calcule şi prin operaţia (laborioasă şi susceptibilă de erori) de cuantificare. Ambele operaţii se pot automatiza: prima prin folosirea unui calculator cifric, iar a doua prin folosirea unor dispozitive speciale de cuantificare.

Menţionăm că există posibilitatea folosirii acestui procedeu la grupurile energetice de mare putere dotate cu calculatoare de proces. În acest caz, calculatorul de proces poate efectua atît extragerea datelor (direct cuantificat), cît şi prelucrarea lor conform algoritmului prezentat.

Aplicaţia practică cea mai importantă a metodei o constituie posibilitatea reacordării periodice a buclelor de reglaj ale instalaţiilor energetice de mare putere, fără perturbarea mersului normal, ceea ce, evident, duce la o funcţionare economică a instalaţiei şi o mărire a siguranţei.



```
MOD;
"BEGIN""INTEGER"M,J,K,IM;
"REAL"D,TM,S1,S2,S3;
"READ"D,TM,IM;
M:=TM/D;
"BEGIN""ARRAY"SX,SRY,SIY,A,B,W[0:IM],
RX,RY[-M:M];
"FOR"J:=-M"STEP"1"UNTIL"M"DO"
"READ"RX[J],RY[J];
"READ"W[0];
"PRINT"''LS5`K'S12`W'S12`SX'S12`SRY'S12`SIY`;
"FOR"K:=0"STEP"1"UNTIL"IM"DO"
"BEGIN"W[K]:=1.51K*W[0];
S1:=S2:=S3:=0;
"FOR"J:=-M+1"STEP"1"UNTIL"0"DO"
"BEGIN"S1:=S1+RY[J]*COS(J*W[K]);
S2:=S2+RY[J]*SIN(J*W[K]);
"END"
"FOR"J:=1"STEP"1"UNTIL"M-1"DO"
"BEGIN"S1:=S1+RY[J]*COS(J*W[K]);
S2:=S2+RY[J]*SIN(J*W[K]);
S3:=S3+RX[J]*COS(J*W[K]);
"END"
SX[K]:=RX[0]+2*S3+RX[M]*COS(M*W[K]);
SRY[K]:=0.5*(RY[-M]*COS((-M)*W[K])+
RY[M]*COS(M*W[K]))+S1;
SIY[K]:=-(0.5*(RY[-M]*SIN((-M)*W[K])+RY[M]*
SIN(M*W[K]))+S2);
A[K]:=SRY[K]/SX[K]; B[K]:=SIY[K]/SX[K];
"PRINT"''LS5`,K,PREFIX(''S3``),W[K],SX[K],SRY[K],SIY[K];
"PRINT"''LS5`K=`,SAMELINE,K,''S3`W=`,W[K],''S3`A=`
A[K],''S3`B=`,B[K];
"END";"END";"END";
```

Observaţii

- In programul MOD s-au folosit următoarele notaţii

i_{max} – numărul maxim al pulsaţiilor alese

i_{max} = IM

S_{xx} = SX

$R_e S_{xy}$ = SRY

$I_m S_{xy}$ = SIY

ω = W

Fig. 4

Cele două programe au fost verificate pe calculatorul ELIOTT—4100 de la Dispecerul sistemului energetic. În cadrul IRME, lucrarea se află încă în cercetare, urmînd a se verifica gradul de precizie şi aria de aplicare a metodei.

Bibliografie

[1] Lanning, H. şi Battin. R. *Processus aléatoires et systèmes asservis.* Dunod, 1960.

[2] Solodovnikov, V. V. *Dynamique statistique des systèmes linéaires de commande automatique.* Dunod, 1965.

[3] Solodovnikov, V. V., Matveev, P.S., Valdenbert. I. S. şi Baburin, V. M. *Vicislitelnaia tehnika v primenenii k statisticeskim issledovaniam v avtomatike.* Maşghiz, 1963.

[4] Pugacev, V. S. *Teoria sluciainih funcţii i eio primenenie v zadaciah avtomaticeskovo upravleniia.*

[5] Livşiţ, N. A. şi Pugacev, V. S. *Veroiatnii analiz sistem avtomaticeskovo upravleniia.*

[6] Balakirev, V. S., Dudnikov, E. G. şi Tirlin, A. M. *Eksperimentalnîie metodî opredeleniia harakteristik promîşlennîh obiektov upravleniia.* Energhiia, 1967.

[7] Wiener, N. *Extrapolation, interpolation and smoothing of stationary time series.* John Wiley and Sons, 1949.

[8] Klokov, I. L. *Prakticeskii vîbor şaga diskretnosti po vremeni pri eksperimentalnom opredelenii spektralnîh harakteristik sluciainîh proţesov v promîşlennîh SAR.* Avtomatika i telemehanika, XXV, nr. 3, 1964.

(Articol intrat în redacţie la 3 iunie 1970)

Semnalizări preventive cu circuite logice tranzistorizate în centrale şi staţii electrice *)

Ing. M. Porţeanu **)

Se prezintă metoda de proiectare a schemelor cu circuite logice tranzistorizate pentru semnalizările preventive de tipurile „lumină pîlpîitoare" şi „lumină pîlpîitoare-lumină continuă", întîlnite în centrale şi staţii electrice. Din analiza comparativă a costului variantelor cu relee şi circuite logice tranzistorizate rezultă domeniul de eficacitate economică pentru fiecare caz în parte.

1. Tipuri de semnalizări preventive

În centrale şi staţii electrice semnalizarea preventivă este întrebuinţată pentru a avertiza personalul de exploatare asupra apariţiei unui regim anormal în funcţionarea unei instalaţii : suprasarcini în generatoare şi transformatoare, creşteri de temperaturi (ale uleiului din transformatoare, din diferite lagăre etc.) peste limitele admisibile, variaţia diferitelor presiuni în afara intervalului admis, scăderea izolaţiei circuitelor de curent continuu şi alternativ, întreruperi ale circuitelor de comandă şi semnalizare ş. a.

Semnalizarea preventivă cuprinde o componentă optică şi o componentă acustică. Prima apare sub forma unui semnal optic individual, lămpile unei casete aprinzîndu-se la transmiterea semnalului ; prin aceasta se indică atît caracterul, cît şi locul regimului anormal de funcţionare. Cea de-a doua componentă este un semnal unic pentru toate regimurile anormale, deci pentru toate semnalele optice individuale. Cu alte cuvinte, semnalul acustic este unic pe întreaga cameră de comandă. În scopul realizării unei distincţii între semnalizarea acustică de avarie şi cea preventivă, semnalele acustice sînt diferite pentru cele două categorii de semnalizări. De asemenea, butoanele pentru întreruperea celor două semnale sînt diferite. Întreruperea semnalului acustic poate avea loc fie individual, fie centralizat, fără repetarea acţiunii sau cu repetarea acţiunii, ultima variantă fiind folosită în mod frecvent.

Semnalizarea preventivă se poate face fie fără întîrziere, ca de exemplu în cazul micşorării izolaţiei în circuitele de curent continuu, fie cu întîrziere, cum ar fi cazul suprasarcinilor, punerilor la pămînt ş. a. ; în acest din urmă caz, regimul anormal de funcţionare trebuie să dureze un anumit timp pentru a putea fi semnalizat.

O altă clasificare se referă la felul în care are loc arderea lămpilor din casetele de semnalizare. Astfel, în cazul unui număr mic de semnale, semnalizarea optică se face prin lumină pîlpîitoare, atîta timp cît regimul anormal există, la dispariţia acestuia încetînd şi semnalizarea. În cazul unui număr mare de semnale, personalul de serviciu va observa cu dificultate un alt regim anormal de funcţionare semnalizat prin aprinderea unei lămpi dintr-o nouă casetă. Eliminarea acestui neajuns se face prin semnalizarea cu lumină pîlpîitoare pînă cînd operatorul, luînd cunoştinţă de noul regim anormal, va acţiona un buton pentru trecerea la semnalizarea cu lumină continuă, care are loc pînă la încetarea regimului anormal.

Diferitele scheme pentru semnalizări preventive cu componente electromecanice şi electromagnetice sînt prezentate în [1]. În cele ce urmează se prezintă metoda de elaborare a schemelor cu circuite logice tranzistorizate, precum şi schemele obţinute teoretic şi verificate experimental. Reprezentarea funcţionării se face prin funcţiunile de lucru, structurile circuitelor obţinîndu-se din formulele de structură [2].

Notaţiile adoptate se referă la variabilele binare asociate diferitelor elemente.

2. Semnalizarea preventivă cu lumină pîlpîitoare

2. 1. *Semnalizarea optică preventivă*

Se consideră m semnale preventive fără întîrziere, $S_{p_1}, \ldots, S_{p_n}$, şi n semnale preventive cu întîrziere, $S_{p_{T_1}}, \ldots, S_{p_{T_n}}$. Semnalizarea optică preventivă se face prin lămpile $LSP_1, \ldots, LSP_m$ şi, respectiv, $LSP_{T_1}, \ldots, LSP_{T_n}$. Pentru încercarea periodică a acestora se prevede un buton de încercare B_{ILSP}. Semnalul periodic discontinuu 0,1 cu frecvenţa de 2—3 Hz, necesar la realizarea luminii pîlpîitoare, se obţine de la un astabil care debitează pe o baretă, B_{LP}. La această baretă vor fi conectate diferite *NICI*-uri din circuitele lămpilor. Sinteza tuturor circuitelor se face direct în elemente *NICI*, însă, prin transformările cunoscute din algebra booleană, se pot obţine expresiile echivalente în elemente cu alte funcţii de lucru.

În conformitate cu condiţiile enunţate, semnalizarea optică preventivă fără temporizare are loc după funcţia de lucru

$$f_{LSP_m} = \overline{\overline{\overline{S_{P_m}} \cup B_{LP}} \cup B_{ILSP}} \qquad (1)$$

---

*) Această lucrare, cu excepţia paragrafului 2. 2, a fost prezentată la Sesiunea de comunicări ştiinţifice în domeniul calculatoarelor, electronicii şi automaticii a Facultăţii de electrotehnică şi Centrului de calcul de la Institutul politehnic Timişoara şi a Institutului de electronică şi tehnică de calcul — Filiala Timişoara (29—30 mai 1970).

**) Ing. Mircea Porţeanu lucrează la ICPET, lampa LSP_m aprinzîndu-se sau stingîndu-se cu frecvenţa de 2—3 Hz, după cum f_{LSP_m} are valoarea 0 sau 1. Circuitul care corespunde acestei funcţii de lucru este cel din figura 1*a*.

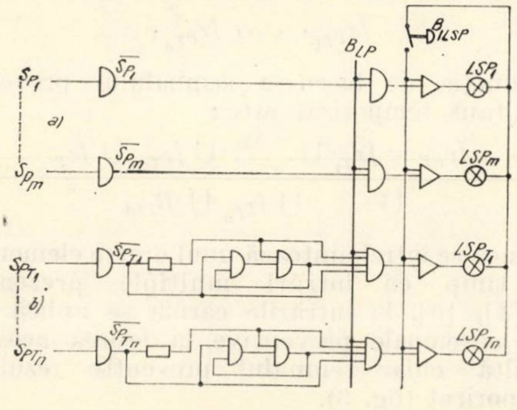


Fig. 1. Scheme pentru semnalizarea optică preventivă cu lumină pîlpîitoare :

a — semnalizarea pentru semnale fără întîrziere ; *b* — semnalizarea pentru semnale cu întîrziere.

În ceea ce priveşte semnalizarea optică preventivă cu întîrziere, sinteza unui circuit care transmite semnalul cu o întîrziere reglabilă, ţinînd seamă şi de hazardul care apare, a fost arătată în [3], funcţia de lucru fiind

$$f = \overline{\overline{a} \cup T \cup y} \qquad (2)$$

cu

$$Y = \overline{\overline{\overline{a} \cup y} \cup T} \qquad (3)$$

în care a este semnalul de intrare ; y — variabila secundară, iar T — ieşirea din elementul timp. Prin introducerea acestui circuit în schema de semnalizare optică preventivă cu întîrziere se obţine funcţia de lucru pentru lampa LSP_{T_n}:

$$f_{LSP_{T_n}} = \overline{\overline{\overline{S_{pT_n}} \cup T_{T_n} \cup y_{T_n} \cup B_{Lp}} \cup B_{ILSP}}, \qquad (4)$$

unde

$$Y_{T_n} = \overline{\overline{S_{pT_n}} \cup Y_{T_n} \cup T_{T_n}}, \qquad (5)$$

iar circuitul complet corespunzător este reprezentat în figura 1, *b*.

În absenţa unui regim anormal la care semnalizarea preventivă trebuie să intre în acţiune, lămpile LSP_m şi LSP_{T_n} sînt stinse. La funcţionarea schemei, lămpile sînt aprinse şi stinse în ritmul frecvenţei de 2—3 Hz, atît timp cît regimul anormal persistă, o dată cu dispariţia acestuia stingîndu-se definitiv lămpile. În figura 2 sînt prezentate formele de variaţie în timp ale semnalelor f_{LSP_m} şi $f_{LSP_{T_n}}$, adică aprinderea sau stingerea lămpilor în funcţie de valorile semnalelor S_{pm}, B_{Lp}, B_{ILSP} şi, respectiv, S_{pT_n}, B_{Lp}, B_{ILSP}. Se poate observa că efectul întîrzierii este acela de a condiţiona aprinderea lămpii LSP_{T_n}, deci semnalizarea optică preventivă, de existenţa semnalului $S_{P_{T_n}}$ în timpul unei durate t.

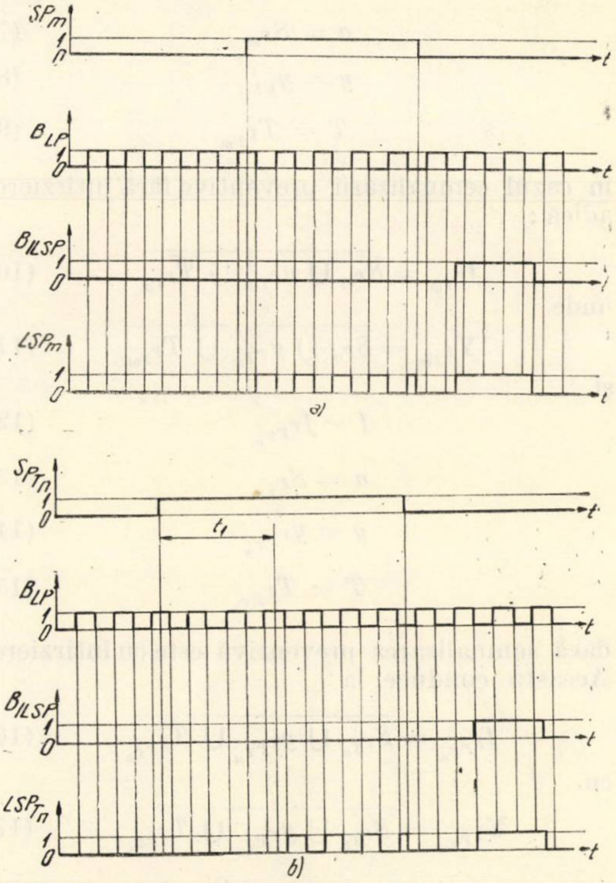


Fig. 2. Reprezentarea funcţionării în timp a schemelor din figura 1 :

a — funcţionarea în timp a schemei din figura 1*a* ; *b* — funcţionarea în timp a schemei din figura 1*b*).

2.2. *Semnalizarea acustică preventivă*

Diferitele moduri de realizare a semnalizării acustice prin impulsuri au fost arătate într-o lucrare anterioară [4]. Vom considera în cele ce urmează că semnalizarea acustică preventivă este de tipul cu întrerupere centrală şi repetarea acţiunii pentru $n + m$ semnale. Întreruperea semnalului acustic preventiv se realizează manual, printr-un buton B_{i_m}, sau automat. Pentru încercarea periodică a circuitului semnalului acustic se prevede un buton B_{ISA}. Transmiterea semnalului din schema cu circuite logice tranzistorizate în circuitul hupei (curenţi tari) se face printr-un releu intermediar.

După cum se ştie, orice semnalizare cu întrerupere centrală şi repetarea acţiunii este posibilă numai dacă semnalele sînt de scurtă durată. Se impune deci ca cele $n + m$ semnale preventive să fie transformate în semnale de scurtă durată. În acest scop se întrebuințează același circuit, a cărui funcție de lucru este (2), cu deosebirea că:

$$f = f_{P_{T_m}} \tag{6}$$

$$a = S_{P_m} \tag{7}$$

$$y = y_{P_{T_m}} \tag{8}$$

$$T = T_{P_{T_m}} \tag{9}$$

în cazul semnalizării preventive fără întîrziere, adică:

$$f_{P_{T_m}} = \overline{\overline{S_{P_m}} \cup y_{P_{T_m}} \cup \overline{T_{P_{T_m}}}} \tag{10}$$

unde

$$Y_{P_{T_m}} = \overline{\overline{S_{P_m}} \cup y_{PT_m} \cup T_{P_{T_m}}} \tag{11}$$

și

$$f = f_{T_{P_{T_n}}} \tag{12}$$

$$a = S_{P_{T_n}} \tag{13}$$

$$y = y_{T_{P_{T_n}}} \tag{14}$$

$$T = T_{T_{P_{T_n}}} \tag{15}$$

dacă semnalizarea preventivă este cu întîrziere. Aceasta conduce la

$$f_{T_{P_{T_n}}} = \overline{\overline{S_{P_{T_n}}} \cup y_{T_{P_{T_n}}} \cup \overline{T_{T_{P_{T_n}}}}} \tag{16}$$

cu

$$Y_{T_{P_{T_n}}} = \overline{\overline{S_{P_{T_n}}} \cup y_{T_{P_{T_n}}} \cup \overline{T_{T_{P_{T_n}}}}} \tag{17}$$

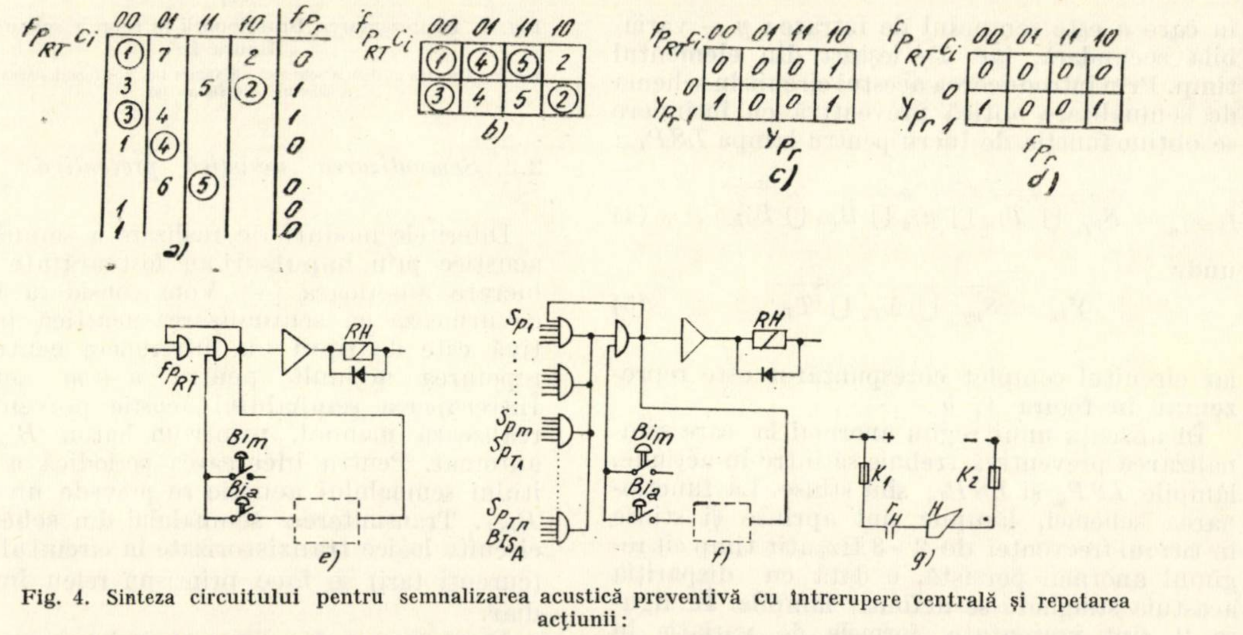


Fig. 4. Sinteza circuitului pentru semnalizarea acustică preventivă cu întrerupere centrală și repetarea acțiunii:

a – tabela primitivă a trecerilor; *b* – tabela contopită; – *c* – matricea de excitație; *d* – matricea de ieșire; *e* – schema circuitului de semnalizare, varianta I; *f* – schema circuitului de semnalizare, varianta II; *g* – schema circuitului hupei.

Celor m semnale preventive fără întîrziere, $S_{P_1}, \ldots, S_{P_n}$, le vor corespunde m semnale preventive temporizate cu funcțiile de lucru $f_{P_{T_1}}, \ldots, f_{P_{T_m}}$, după cum celor n semnale preventive cu întîrziere, $S_{P_{T_1}}, \ldots, S_{P_{T_n}}$, le vor corespunde n semnale preventive cu întîrziere temporizate, ale căror funcții de lucru sînt:

$$f_{T_{P_{T_1}}}, \ldots, f_{T_{P_{T_n}}}.$$

Funcția de lucru a semnalului preventiv rezultant temporizat este:

$$f_{P_{RT}} = f_{P_{T_1}} \cup \ldots \cup f_{P_{T_m}} \cup f_{T_P}$$
$$\cup \ldots \cup f_{T_{P_n}} \cup B_{ISA} \tag{18}$$

Dacă se întrebuințează unul dintre elementele de timp cu intrări multiple prezentate în [4], [5], la intrările căruia se aplică cele $n + m$ semnale preventive, la ieșirea acestuia rezultă chiar semnalul preventiv rezultant temporizat (fig. 3).

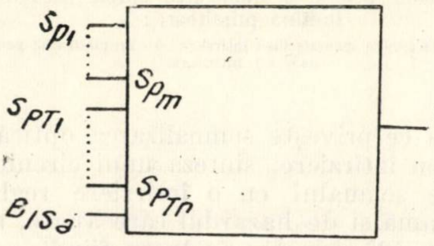


Fig. 3. Reprezentarea schematică a unui element de timp cu intrări multiple.

Tabela primitivă a trecerilor pentru intrările $f_{P_{RT}}$ și c_i este prezentată în figura 4*a*, obținîndu-se tabela redusă din figura 4*b*, matricele de excitație și ieșire din figura 4*c*, respectiv 4*d*.

Funcţia de lucru a semnalizării acustice preventive cu întrerupere centrală şi repetarea acţiunii este

$$f_{P_r} = \overline{\bar{y}_{P_r} \cup c_i} \qquad (19)$$

unde

$$Y_{P_r} = \overline{c_i \cup \overline{y_{P_r} \cup f_{P_{RT}}}} \qquad (20)$$

prin c_i notîndu-se variabila binară asociată comenzii de întrerupere a semnalizării acustice. Funcţia de lucru a acesteia este

$$c_i = B_{im} \cup B_{ia} f \qquad (21)$$

în care f reprezintă funcţia de lucru a circuitului de temporizare pentru întreruperea automată a semnalizării acustice preventive.

Circuitul care transformă un semnal de durată oarecare într-un semnal de durată dorită, aşa cum este nevoie pentru întreruperea automată a semnalizării acustice, are funcţia de lucru

$$f = \overline{\overline{a \cup y} \cup \overline{y \cup \overline{T}} \cup \overline{a \cup T} \cup \overline{T}} \qquad (22)$$

cu

$$Y = \overline{\overline{a \cup y} \cup \overline{y \cup \overline{T}} \cup \overline{a \cup T}} \qquad (23)$$

a, y şi T avînd aceeaşi semnificaţie ca în (2) şi (3). Structura acestui circuit, reprezentată în figura 5, este rezultatul unei sinteze în care

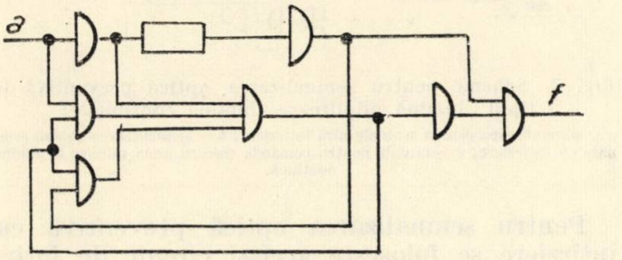


Fig. 5. Reprezentarea unui circuit de temporizare exceptat de hazardul de timp.

s-a ţinut seama de eliminarea hazardului de timp [3].

Considerînd în (22) şi (23):

$$f = f_{rP} \qquad (24)$$

$$y = y_{rP} \qquad (25)$$

$$T = T_{rP} \qquad (26)$$

$$a = f_{P_r} \qquad (27)$$

se obţine

$$f_{rP} = \overline{\overline{f_{P_r} \cup y_{rP}} \cup \overline{y_{rP} \cup \overline{T}_{rP}} \cup \overline{f_{P_r} \cup T_{rP}} \cup \overline{T}_{rP}} \qquad (28)$$

în care

$$Y_{rP} = \overline{\overline{f_{P_r} \cup y_r} \cup \overline{y_{rP} \cup \overline{T}_{rP}} \cup \overline{f_{P_r} \cup T_{rP}}} \qquad (29)$$

şi

$$c_i = B_{im} \cup B_{ia}\overline{(\overline{f_{P_r} \cup y_{rP}} \cup \overline{y_{rP} \cup \overline{T}_{rP}} \cup \overline{f_{P_r} \cup T_{rP}} \cup \overline{T}_{rP})} \qquad (30)$$

iar

$$f_{P_r} = \overline{\bar{y}_{P_r} \cup B_{im} \cup B_{ia} \cup \overline{(\overline{f_{P_r} \cup y_{rP}} \cup \overline{y_{rP} \cup \overline{T}_{rP}} \cup \overline{f_{P_r} \cup T_{rP}} \cup \overline{T}_{rP})}} \qquad (31)$$

unde

$$Y_{P_r} = \overline{B_{im} \cup B_{ia}\overline{(\overline{f_{P_r} \cup y_{rP}} \cup \overline{y_{rP} \cup \overline{T}_{rP}} \cup \overline{f_{P_r} \cup T_{rP}} \cup \overline{T}_{rP})} \cup \overline{y_{P_r} \cup f_{P_{RT}}}} \qquad (32)$$

circuitul corespunzător fiind reprezentat în figura 4*e*. Acest circuit se întrebuinţează atunci cînd semnalul preventiv rezultant temporizat este realizat separat cu un circuit suplimentar sau cu unul dintre elementele de TIMP cu intrări multiple. În cazul în care nu se întrebuinţează un asemenea circuit separat, trebuie considerate drept intrări cele m semnale preventive fără întîrziere şi cele n semnale preventive cu întîrziere. Funcţia de lucru este dată tot de (31), cu deosebirea că

$$Y_{P_r} = \overline{B_{im} \cup B_{ia}\overline{(\overline{f_{P_r} \cup y_{rP}} \cup \overline{y_{rP} \cup \overline{T}_{rP}} \cup \overline{f_{P_r} \cup T_{rP}} \cup \overline{T}_{rP})} \cup \bar{y}_{P_r} \cup}$$

$$\overline{\overline{\cup f_{p_{T_1}} \cup \ldots \cup f_{P_{T_m}} \cup f_{T_{P_{T_1}}} \cup \ldots \cup f_{T_{P_{T_m}}} \cup B_{ISA}}} \qquad (33)$$

iar circuitul este cel din figura 4 *f*. Atît în figura 4 *e*, cît şi în figura 4 *f*, prin linii întrerupte s-a reprezentat circuitul de temporizare pentru întreruperea automată a semnalizării acustice preventive, prezentat în figura 3.

Funcţia de lucru a hupei este

$$f_H = r_H k_1 k_2 \qquad (34)$$

în care

$$r_H = f_{P_r} \qquad (35)$$

iar k_1 şi k_2 sînt variabilele binare asociate siguranţelor din circuitul hupei (fig. 4 *g*).

Alte variante de semnalizări acustice preventive cu circuite logice tranzistorizate sînt descrise în [6].

3. Semnalizarea cu lumină pîlpîitoare-lumină continuă

3. 1. *Semnalizarea optică preventivă*

La apariţia unui regim anormal de funcţionare trebuie să rezulte un semnal P, care să conducă la semnalizarea optică preventivă sub formă de lumină pîlpîitoare. După aplicarea unui semnal de ştergere S, se trece la un semnal C pentru semnalizarea optică preventivă cu lumină continuă, care încetează o dată cu dispariţia regimului anormal de funcţionare. Tabela primitivă a trecerilor pentru acest circuit este reprezentată în figura 6*a*, diagrama de fuziune în figura 6 *b*, iar tabela contopită în figura 6 *c*. Matricea de excitaţie pentru variabila secundară corespunde figurii 6*d*, funcţia de lucru fiind

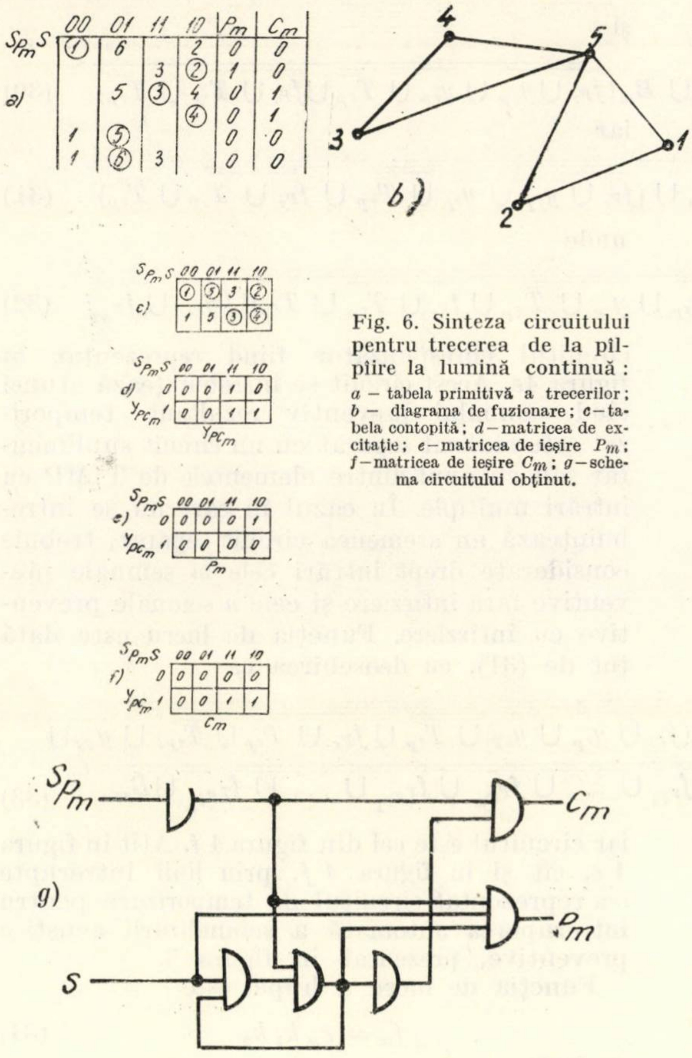


Fig. 6. Sinteza circuitului pentru trecerea de la pîlpîire la lumină continuă: *a* – tabela primitivă a trecerilor; *b* – diagrama de fuzionare; *c* – tabela contopită; *d* – matricea de excitaţie; *e* – matricea de ieşire P_m; *f* – matricea de ieşire C_m; *g* – schema circuitului obţinut.

$$Y_{PC_m} = \overline{\overline{S_{P_m}} \cup \overline{\overline{y}_{PC_m} \cup S}}. \qquad (36)$$

Matricele de ieşire corespunzătoare semnalelor P_m şi C_m sînt prezentate în figurile 6 *e* şi 6 *f*, iar funcţiile de lucru respective sînt

$$P_m = \overline{\overline{y}_{PC_m} \cup \overline{S_{PC_m}} \cup S} \qquad (37)$$

şi

$$C_m = \overline{y_{PC_m} \cup \overline{S_{P_m}}}. \qquad (38)$$

Circuitele care se obţin sînt prezentate în figura 6*g*. Semnalul P_m trebuie transformat într-un semnal discontinuu. Aceasta se realizează cu ajutorul unui semnal periodic discontinuu 0,1, cu frecvenţa de 2–3 Hz, luat de pe bareta B_{LP}, pe care debitează un astabil. Funcţia de lucru care se obţine este:

$$P'_m = P_m B_{LP} = \overline{\overline{y}_{PC_m} \cup \overline{S_{P_m}} \cup S \cup B_{LP}}. \qquad (39)$$

Se observă că circuitul corespunzător se obţine prin adăugarea unei intrări B_{LP} la *NICI*-ul final al circuitului, cu funcţia de lucru P_m dată de relaţia (37).

În scopul încercării periodice a schemei de semnalizare optică preventivă se prevede un buton B_{ILSP}, astfel încît funcţia de lucru finală a lămpii LSP_m este:

$$f_{LSP_m} = \overline{P'_m} \cup \overline{C_m \cup B_{ILSP}} =$$

$$= \overline{\overline{\overline{y}_{PC_m} \cup \overline{S_{P_m}} \cup S \cup B_{LP}} \cup \overline{y_{PC_m} \cup \overline{S_{P_m}}\, B_{ILSP}}} \qquad (40)$$

cu y_{PC_m} dat de relaţia (36), iar circuitul corespunzător este reprezentat în figura 7*a*.

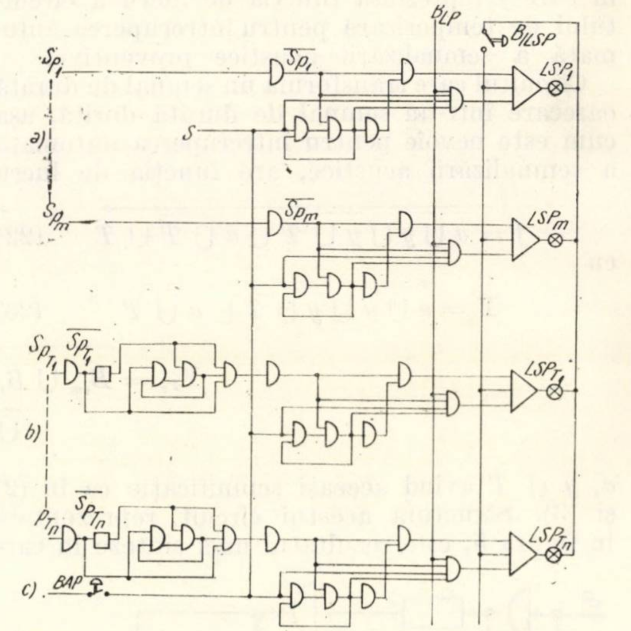


Fig. 7. Scheme pentru semnalizarea optică preventivă de tipul „lumină pîlpîitoare – lumină continuă": *a* – semnalizarea pentru semnale fără întîrziere; *b* – semnalizarea pentru semnale cu întîrziere; *c* – circuit pentru comanda trecerii de la pîlpîire la lumină continuă.

Pentru semnalizarea optică preventivă cu întîrziere se foloseşte acelaşi circuit de întîrziere ca în cazul semnalizării cu lumină pîlpîitoare. Deosebirea constă în faptul că ieşirea acestui circuit nu va mai acţiona amplificatorul lămpii de semnalizare, ci va constitui intrarea corespunzătoare semnalului SP_m din circuitul care realizează semnalele C_m şi P_m pentru partea de semnalizare optică cu acţionare cu întîrziere. Cu notaţiile adoptate, funcţia de lucru a ieşirii circuitului de întîrziere este

$$f_{T_n} = \overline{\overline{S_{PT_n}} \cup T_{PT_n} \cup y_{PT_n}}, \qquad (41$$

în care

$$Y_{PT_n} = \overline{\overline{\overline{S_{PT_n}} \cup Y_{PT_n}} \cup T_{PT_n}}, \qquad (42)$$

iar funcția de lucru finală a lămpii LSP_n este

$$f_{LSP_n} = \overline{\overline{\overline{y_{PC_n}} \cup \overline{f_{T_n}} \cup S \cup B_{LP}} \cup \overline{\overline{y_{PC_m}} \cup \overline{f_{T_n}}} \cup B_{ILPS}}. \qquad (43)$$

Înlocuind pe f_{T_n} din relația (41) în relația (43) obținem

$$f_{LSP_n} =$$

$$= \overline{\overline{\overline{y}_{PC_n} \cup \overline{\overline{S_{PT_n}} \cup T_{PT_n} \cup y_{PT_n}} \cup S \cup B_{LP}} \cup \overline{\overline{y_{PC_n}} \cup \overline{\overline{S_{PT_n}} \cup T_{PT_n}} \cup y_{PT_n}} \cup B_{ILSP}} \qquad (44)$$

cu y_{PC_n} și y_{PT_n} conform relațiilor (36), respectiv (42). Circuitul final obținut este reprezentat în figura 7, *b*.

Semnalul pentru comanda transformării semnalizării cu lumină pîlpîitoare în semnalizare cu lumină continuă este comun pentru toate circuitele și se poate obține printr-un buton B_{AP}.

Diagramele de funcționare ale schemelor de semnalizare optică preventivă cu lumină pîlpîitoare-lumină continuă sînt prezentate în figura 8*a* pentru cazul semnalizării fără întîrziere și în figura 8 *b* pentru semnalizarea cu întîrziere.

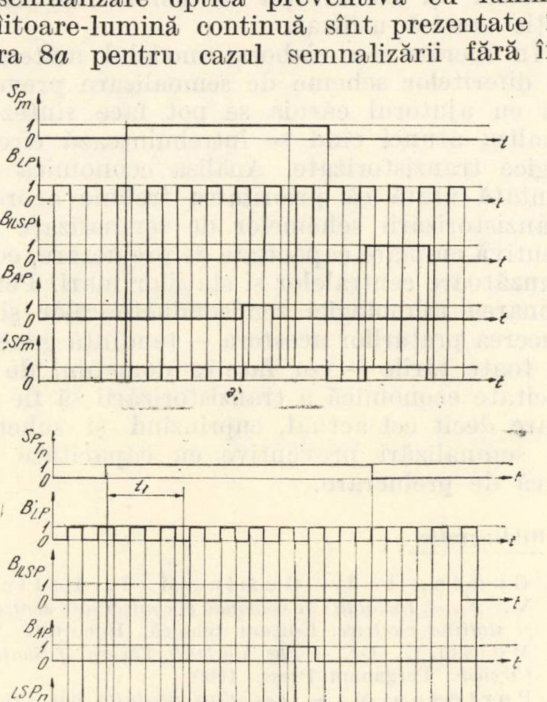


Fig. 8. Reprezentarea funcționării în timp a schemelor din figura 5:

a – funcționarea în timp a schemei din figura 5 *a*; *b* – funcționarea în timp a schemei din figura 5 *b*.

3. 2. *Semnalizarea acustică preventivă*

În cazul semnalizării cu lumină pîlpîitoare-lumină continuă, semnalizarea acustică preventivă este identică cu cea pentru semnalizarea optică preventivă cu lumină pîlpîitoare, prezentată în paragraful 2.2.

4. Verificări experimentale

Schemele proiectate conform metodei expuse au fost supuse unei verificări experimentale. În acest scop s-a făcut mai întîi o încercare asupra funcționării de principiu pe un simulator. Diferitele semnale au fost reprezentate prin butoane cu două poziții, închis și deschis, urmărindu-se comportarea diferitelor circuite la secvențele de lucru reale. Următoarea etapă a constituit-o realizarea unor echipamente experimentale pentru semnalizari preventive. S-au asamblat două asemenea echipamente, unul pentru 20 de semnale fără întîrziere și 20 de semnale cu întîrziere și altul pentru 100 de semnale fără întîrziere și 50 de semnale cu întîrziere. Capacitățile diferite de prelucrare ale celor două echipamente au permis o evaluare mai concretă a complexității, în funcție de numărul de semnale de prelucrat și de funcționarea în diferite condiții. Trebuie menționat că funcționarea celor două echipamente a decurs în bune condiții, ceea ce a arătat corectitudinea schemelor proiectate.

În cursul experimentărilor s-au întrebuințat module din sistemul unificat de comutație statică UNILOG, tensiunile de alimentare fiind obținute atît din surse stabilizate, cît și din acumulatoare, pentru a se verifica comportarea la cele două feluri de alimentări. De fapt, încă de la început s-a presupus că se vor întrebuința *NICI*-uri și de aceea sinteza s-a făcut direct în *NICI*-uri pentru ca schemele să rezulte cu ușurință. După cum s-a mai menționat, aceasta nu implică în mod obligatoriu folosirea unui sistem de comutație cu elementul fundamental *NICI*, întrucît funcțiile de lucru stabilite pot fi ușor transcrise într-o formă în care schemele să rezulte cu alt element fundamental, după tipul sistemului de comutație utilizat.

Pentru experimentări s-au întrebuințat tranzistoare cu germaniu, însă schemele sînt valabile și pentru tranzistoare cu siliciu.

După confirmarea experimentală a soluțiilor teoretice s-a trecut la defalcarea diferitelor circuite în blocuri funcționale tipizabile, cu cablaje imprimate tip, în scopul reproducerii lor pe scară industrială.

5. Considerații economice

În vederea evaluării eficacității economice a tranzistorizării schemelor pentru semnalizările preventive în centrale și stații, s-au luat în considerare costurile materialelor, manoperii și regiilor. Costul total a fost calculat atît pentru variante cu relee, cît și pentru cele cu circuite logice tranzistorizate, ținînd seamă de prețurile și regiile din anul 1969.

După tipul semnalizării preventive, cu lumină pîlpîitoare sau cu lumină pîlpîitoare-lumină continuă, și după numărul de semnale, costurile sînt diferite de la caz la caz. Astfel, dacă în cazul semnalizării preventive cu lumină pîlpîitoare, la varianta cu relee se consideră un cost de referinţă 100 % pentru $n = n_A$, adică 10 semnale fără întîrziere şi 10 semnale cu întîrziere, costul variantei cu circuite logice tranzistorizate reprezintă numai 50 %. O dată cu dublarea numărului de semnale, la $n = n_B$, costurile pentru cele două variante devin sensibil egale. Pentru $n > n_B$, varianta cu circuite logice tranzistorizate devine mai scumpă decît cea cu relee cu aproape 250 % la $n = n_C$, adică 50 de semnale fără întîrziere şi 50 de semnale cu întîrziere. În figura 9*a* se poate urmări variaţia costurilor în funcţie de numărul de semnale (*R* este reprezentat de linia orizontală, iar *T* de cea oblică). Diferenţele mari de costuri se explică prin aceea că la varianta cu relee schema îşi păstrează aceeaşi componenţă pînă la un anumit număr de semnale, în timp ce la varianta cu circuite logice tranzistorizate componenţa creşte în elemente proporţional cu numărul de semnale.

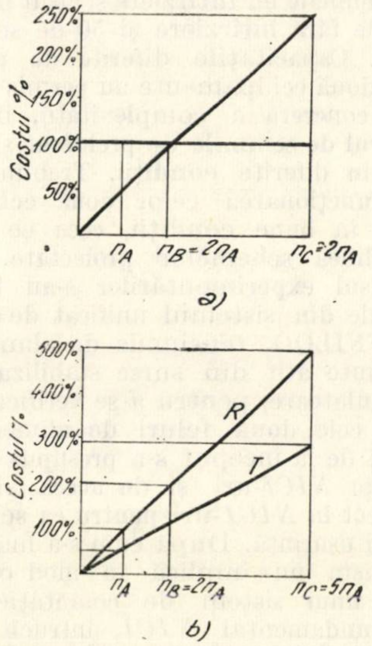


Fig. 9. Costul comparativ al varianelor de scheme pentru semnalizări preventive cu relee şi circuite logice tranzistorizate :
a — cazul semnalizării preventive de tipul cu lumină pîlpîitoare; *b* — cazul semnalizării preventive de tipul cu lumină pîlpîitoare-lumină continuă.

Situaţia în cazul semnalizării cu lumină pîlpîitoare-lumină continuă este diferită. Aici, componenţa în elemente, atît în cazul variantei cu relee cît şi în cazul celei cu circuite logice tranzistorizate, variază cu numărul de semnale. Diferenţele de cost sînt favorabile acesteia din urmă, după cum se poate remarca din figura 9*b*. Astfel, în timp ce la 100 de semnale fără întîrziere şi 50 de semnale cu întîrziere costul variantei cu circuite logice tranzistorizate este de aproximativ 50 % din cel al variantei cu relee, pentru 500 de semnale fără întîrziere şi 250 de semnale cu întîrziere costul creşte numai la 60 %. Fiind însă vorba de valori foarte mari, economiile care se realizează sînt destul de importante.

Calculele făcute nu au putut ţine seamă de economiile care se obţin la consumul de metal şi partea de construcţie, la punerea în funcţiune, verificările periodice şi exploatarea curentă ţinînd cont de tipizarea pe blocuri funcţionale distincte, tranzistorizate şi, implicit, de miniaturizarea care rezultă. Componenţa în elemente care s-a considerat la întocmirea calculului costului total este cea conform [1], pentru variantele cu relee, iar în cazul circuitelor logice tranzistorizate corespunde schemelor prezentate în lucrarea de faţă. S-a exclus de la bun început costul cablurilor, întrucît acesta nu s-a putut aprecia.

Concluzii

Semnalizările preventive din centrale şi staţii se pot tranzistoriza prin folosirea oricărui tip de circuite logice, indiferent de felul tranzistoarelor şi constituţia sistemului de comutaţie statică utilizat.

În lucrare s-a elaborat modelul matematic al diferitelor scheme de semnalizare preventivă cu ajutorul căruia se pot face sinteza şi analiza atunci cînd se întrebuinţează circuite logice tranzistorizate. Analiza economică prezentată arată că prioritatea trebuie acordată tranzistorizării schemelor de semnalizare preventivă cu mare capacitate de prelucrare, corespunzătoare centralelor şi staţiilor mari. Perfecţionarea tehnologiei semiconductoarelor şi reducerea preţurilor acestora — tendinţă generală în toate ţările — vor face ca domeniul de eficacitate economică a tranzistorizării să fie mai mare decît cel actual, cuprinzînd şi schemele de semnalizări preventive cu capacitate mai mică de prelucrare.

Bibliografie

[1] Gumin. I. I., Gumin, M. I., Ustinov, V. F. — *Instalaţii de comandă şi control ale centralelor şi staţiilor electrice.* Editura tehnică, Bucureşti, 1965.

[2] Moisil, C. Gr. — *The Algebraic Theory of Switching Circuits.* Pergamon Press, 1969.

[3] Porţeanu M. — *Les aleas produits par l'élément de retard dans les circuits de commutation à transistors.* Comunicare la simpozionul I. F. A. C. ,,Necontinuităţi şi nesimultaneităţi în circuitele de comutaţie", 1968.

[4] Porţeanu, M. *Semnalizarea acustică prin impulsuri cu circuite logice tranzistorizate.* Energetica, 17, nr. 10, 1969, p. 491—495.

[5] Porţeanu M. *La commande logique transistorisée des interrupteurs dans les centrales et stations electriques.* Colloque Internationale ,,Systèmes Logiques-Conception et Applications". Actes Part II, p. 1299—1326, Edition de l'Association Internationale pour le Calcul Analogique, Bruxelles, 1969.

[6] Porţeanu, M. *A Synthesis of Transistorised Logical Devices for Signallings in Power Stations and Substations.* The VIth Yugoslav International Symposium on Information Processing, 1970.

(Articol intrat în redacţie la 14 mai 1970)

Cronica

Al patrulea Congres internaţional privind transferul de căldură

Între 31 august şi 4 septembrie 1970 s-au desfăşurat la Versailles, în Palatul Congreselor, lucrările celui de-al 4-lea Congres internaţional privind transferul de căldură. Congresul a fost patronat de ,,The assembly for international heat transfer conferences", care reuneşte un număr mare de organizaţii specializate din întreaga lume.

Această adunare internaţională şi-a propus să organizeze periodic congrese în cadrul cărora să se expună şi să se discute cunoştinţele din domeniul transferului de căldură.

Prin interpretarea simultană a materialelor prezentate la congres în limbile franceză, germană şi engleză şi existînd totodată condiţii de traducere a intervenţiilor în limba rusă, s-a realizat practic posibilitatea de cunoaştere a materialelor chiar în timpul expunerilor, de către toţi participanţii.

Marele eveniment privind transferul de căldură a atras specialişti din toate continentele, a cuprins o tematică largă şi totodată aprofundată.

Prima reuniune cu această temă a avut loc la Londra în 1951. După zece ani s-a organizat cea de-a doua reuniune, în Statele Unite, la Bouldur (Colorado), în 1961. La primele două reuniuni au participat specialişti numai din Anglia şi America.

În 1966 a avut loc a treia reuniune la Chicago, avînd o participare lărgită cu specialişti din Japonia, U. R. S. S., R. F. a Germaniei, Franţa etc. Cu această ocazie s-a decis caracterul internaţional al reuniunilor privind transferul de căldură şi s-a stabilit intervalul dintre congrese.

Cel de-al patrulea congres, desfăşurat în acest an, a avut de fapt caracter internaţional şi s-a ţinut la intervalul de timp stabilit pentru aceste manifestări, după patru ani. Al cincilea congres, se va ţine la Tokio, în 1974.

Al patrulea Congres internaţional privind transferul de căldură a fost organizat de către La Société Française des Thermiciens şi La Société de Chimie Industrielle, din Franţa şi Verfahrenstechnische Gesellschaft im Verein Deutscher Ingenieure, DECHEMA şi Deutsche Gesellschaft für chemiches Apparatewesen, din R. F. a Germaniei. Au mai colaborat: National Research Council Associate Committes on Heat Transfer Conferences, din Canada, Japan National Organisation for International Heat Transfer Conferences, din Japonia, Academy of Sciences şi Scientific Council for Heat and Mass Transfer affiliated to the Ministers Council for Science and Technology, din U. R. S. S., Institution of Chemical Engineers şi Institution of Mechanical Engineers, din Anglia, American Institute of Chemical Engineers şi American Society of Mechanical Engineers şi Yougoslav Society of Heat Engineers.

Cu circa doi ani înainte de congres au fost publicate anunţuri în presa de specialitate, prin care cei interesaţi erau solicitaţi să transmită titluri şi scurte descrieri ale comunicărilor pe care doresc să le prezinte. Au fost primite peste 700 propuneri din peste 40 ţări. Pe baza trierii făcute de către comitetul ştiinţific, alcătuit din reprezentanţi a şapte ţări, au fost reţinute 345 titluri.

Repartizarea numerică a comunicărilor a fost următoarea: S. U. A. 140, U. R. S. S. 68, Anglia 35 (dintre care una în colaborare cu Cehoslovacia), Franţa 22, Germania 21, Japonia 17, Canada 14, Australia 5, Cehoslovacia şi Olanda cîte 4, Iugoslavia, Italia, Israel şi România cîte 2, Bulgaria, Suedia, Republica Arabă Unită, Ungaria, India, Coreea, Polonia cîte o comunicare.

Au participat peste 900 de congresişti. România a fost reprezentată de cinci delegaţi, dintre care patru congresişti. Congresul a avut ca preşedinţi şi totodată membri în comitetul ştiinţific următoarele personalităţi în acest domeniu: E. A. Brun (Franţa) şi U. Grigull (R. F. G.), K. O. Beatty şi S. P. Kezios (S. U. A), S. S. Kutadelatze şi A. V. Luikov (U. R. S. S.), M. Veron (Franţa), E. Hahne (R. F. G.), W. B. Hall (Anglia), T. W. Hoffman (Canada), F. Tachibana (Japonia), cunoscuţi ca specialişti de prestigiu.

Colectivele sesiunilor de lucru au fost alcătuite din cîte trei specialişti care activează în universităţi şi institute de cercetări.

Comunicările reţinute pentru congres cu fost repartizate pe 36 sesiuni de lucru, în cadrul a zece specialităţi, şi anume:

I. *Conducţie* (simbol Cu; 27 comunicări)
  1. Metode matematice (7)
  2. Transformarea fazei (12)
  3. Medii compuse (8)

II. *Schimbătoare de căldură* (HE; 19)
  4. Monofazice, regeneratoare (10)
  5. Multifazice, forme speciale (9)

III. *Convecţie forţată* (FC; 87)
  6. Laminarea. Straturi-limită, pelicule subţiri (12)
  7. Straturi-limită turbulente (10)
  8. Curgere prin canal (10)
  9. Curgere prin canal. Agenţi purtători (8)
  10. Suprafeţe rugoase (10)
  11. Curgere supersonică şi hipersonică (7)
  12. Corpuri simple şi depuneri pe tuburi (13)
  13. Cu injecţie (8)
  14. Pulsaţii. MHD (9)

IV. *Radiaţia* (R; 15)
  15. Radiaţie (6)
  16. Interacţiune cu conducţie şi convecţie (9)

V. *Convecţie naturală* (NC; 40)
  17. Interferometrie (12)
  18. Cavităţi şi elemente (12)
  19. Convecţie mixtă (9)
  20. Corpuri rotative (7)

VI. *Reologie* (Rh; 9)
  21. Reologie (9)

VII. *Fierbere* (B; 89)
  22. Fierbere nucleară (9)
  23. Dinamica bulei (11)
  24. Transmitere şi fierbere peliculară (12)
  25. Fierbere în curgere (12)
  26. Fierbere în curgere, curgere în 2 faze (13)
  27. Moment critic (13)
  28. Sistem binar (6)
  29. Metale lichide, diferite: greutate, supercritică (13)

VIII. *Condensaţie* (Cs; 14)
  30. Condensaţie în picături. Tuburi de condensator (8)
  31. Condensaţie peliculară (6)

IX. *Transfer de căldură combinat* (CT; 28)
  32. Fascicule. Paturi mobile şi fluidizate (8)
  33. Suspensii (9)
  34. Medii poroase (11)

X. *Măsuri tehnice* (MT; 17)
  35. Tehnica analogiei (9)
  36. Conductivitate. Difuzitate (8)

Textele integrale ale comunicărilor au fost transmise de către autori cu circa un an înainte de data congresului. Ele au fost editate (peste 4000 pagini) în 7 volume (Comunicări I—VII) în limbile autorilor: franceză, engleză, germană. Într-un volum separat (Rezumate VIII) au fost editate rezumatele, de circa 10 rînduri, traduse în limbile: franceză, engleză, germană și rusă. Aceste materiale au putut fi procurate cu circa 3 luni înainte de data congresului.

Materialele editate pentru congres (comunicări, rezumate) pot fi consultate la biblioteca ICENERG. Titlurile comunicărilor au fost cuprinse în programul de desfășurare a lucrărilor congresului, care se găsește la redacția revistei ,,Energetica''.

Sesiunile de lucru au fost conduse de către un colectiv alcătuit din președinte, un membru și un raportor. Acesta a prezentat pe scurt comunicările sesiunii respective. În raport s-au comparat comunicările, iar conținutul lor a fost încadrat în cunoștințele actuale din domeniul transferului de căldură. S-au făcut critici și, în măsura posibilităților, s-au evidențiat învățămintele pentru viitor. Rapoartele vor fi, de asemenea, publicate într-un volum special (Rapoarte IX), care va fi editat la începutul anului 1971.

O parte importantă a timpului afectat sesiunilor de lucru a fost rezervată discuțiilor care au avut loc după fiecare raport. Deoarece textele comunicărilor au putut fi procurate din timp de către cei interesați, discuțiile au fost fructuoase. Autorii comunicărilor au făcut, în general, completări la prezentările succinte din raport sau au răspuns la discuțiile ivite. Atît intervențiile din cadrul discuțiilor, cît și luările de cuvînt ale autorilor vor fi publicate, de asemenea, într-un volum special (Discuții X), care va fi editat tot la începutul anului 1971.

În cadrul congresului a fost organizată o expoziție de fotografii științifice, provenite de la laboratoarele de cercetări privind transferul de căldură. Diverse edituri și asociații științifice au prezentat o expoziție de cărți și reviste cu cele mai recente titluri din literatura de specialitate.

La congres au fost organizate, la cererea participanților, șase ședințe speciale, în cadrul cărora s-au discutat, în cercuri restrînse, unele probleme așa-zise particulare. Concluziile lucrărilor acestor mese rotunde vor fi publicate, eventual, în volumul Discuții (X). Unele titluri de probleme fiind oarecum aparte, se apreciază ca interesantă prezentarea lor chiar aici, și anume:

— Schimburi de energie și de masă la nivelul frunzei și la nivelul solului vegetal.

— Influența eterogenității și a neregularității peisajului natural asupra schimburilor de energie și de masă.

— Transferurile de căldură și de masă de la suprafețele vii.

Varietatea temelor abordate și discuțiile purtate au scos în evidență aspecte importante ale problemelor privind transferul de căldură. Conținutul comunicărilor a arătat stadiul actual al cunoștințelor pe plan mondial și, ca un aspect deosebit de important, a arătat metodele de investigație care se folosesc în prezent la cercetarea acestor fenomene. Participarea la congres a scos în evidență, sub toate aspectele, importanța care se acordă fenomenelor privind transferul de căldură.

Ing. C. I. Staicu

Recenzii

HANS PRINZ. **Cîmpuri electrice de înaltă tensiune (Hochspannungsfelder)**. R. Oldenbourg Verlag, München-Wien, 1969, 454 p., 225 fig., 33 tabele

Lucrarea ,,Cîmpuri electrice de înaltă tensiune'' este concepută în trei mari capitole, fiecare ocupîndu-se de una din principalele metode de studiu al cîmpurilor electrostatice: I—Transformări conforme; II—Metode numerice; III — Transformări de coordonate. La acestea se adaugă o parte introductivă, cuprinzînd principalele notații folosite în carte, precum și un breviar de 30 de formule utile și 6 relații fundamentale pentru determinarea intensității cîmpului electric. Lucrarea se încheie cu rezolvarea a 20 de probleme legate de metodele prezentate în cele trei capitole, cu reprezentarea principalelor funcțiuni eliptice — Jacobi, Bessel, Legendre — sub formă tabelată. În final se dă prezentarea sistematică a principalelor sisteme de coordonate.

Partea introductivă face o prezentare istorică a studiului cîmpurilor electrice și o precizare a problemelor legate de actuala dezvoltare a consumului de energie electrică și a liniilor de transport de energie, a evoluției tensiunilor nominale de funcționare a acestora, precum și a problemelor legate de izolația instalațiilor electrice (funcționarea și încercarea lor).

Lucrarea cuprinde trei dintre cele mai importante metode de studiu al cîmpurilor electrostatice, prezentate într-o formă sistematizată, accesibilă în aplicarea lor, punînd la dispoziție tabele de funcțiuni de primă utilitate și oferind exemple de calcul pentru cele mai des întîlnite configurații de cîmp electric, îndeosebi pentru cele cu aplicabilitate imediată în domeniul tensiunilor înalte.

Primul capitol al lucrării, cel mai dezvoltat, se ocupă de mărimea ,,cîmp electric'' în reprezentare complexă și în reprezentare conformă. După o abordare matematică a problemei, autorul furnizează trei relații pentru determinarea **cîmpului** electric — $\overline{E}_z$, $\overline{E}_z^*$ și $|\overline{E}_z|$ — precum și modul de calcul al factorului de utilizare Scweiger, cu folosirea lor în diferite cazuri. Se insistă asupra factorului de utilizare, pentru care se va calcula modul de variație după diferite configurații de cîmp și parametri, și ale cărui expresii sînt prezentate sistematic sub formă de tabel în anexele lucrării.

Reprezentarea conformă a diferitelor funcții, care descriu cele mai importante configurații de cîmp electric, este sistematizată în: reprezentarea funcțiilor elementare, reprezentarea funcțiilor superioare și reprezentarea poligonală (Schwarz-Cristoffel).

Funcțiile elementare studiate permit studiul cîmpului creat de electrozi parabolici, vîrfuri ascuțite și rotunjite, electrozi cilindrici. Studiul constă în determinarea intensității cîmpului electric, a valorii maxime a acestuia, precum și a factorului de utilizare ce apreciază neuniformitatea cîmpului. Sînt prezentate curbele de variație ale acestuia funcție de parametrii geometrici ai configurației (de exemplu, raportul distanțelor focale ale electrozilor parabolici coaxiali). Cele mai dezvoltate apar funcțiile trigonometrice, care descriu linii de cîmp și linii echipotențiale, parabole sau elipse ortogonale, pentru care se pot imagina diferite configurații de cîmp deseori întîlnite în problemele energetice.

Importante sînt, de asemenea, reprezentările unor combinații simple de funcții elementare: funcția Maxwell $\left[Z = \frac{a}{\pi}(w + 1 + e^{w})\right]$, profilul Jukovski, care descrie curbele de cîmp constant, funcția Jukovski, ca și funcția care descrie ovalele Cassini $\left[Z = a\sqrt{e^{w} + 1}\right]$ în diferite variante, ultima funcție prezentînd interes în studiul conductoarelor fasciculare cu un număr diferit de conductoare în fascicul.

Funcțiile superioare sînt tratate mai mult sub aspect matematic, al proprietăților și formelor de existență. Se insistă sub aspect practic asupra funcțiilor Jacobi.

Prezentarea poligonală (Schwarz- Cristoffell) este aplicată la poligoanele cu unghiuri drepte, deformate sau nu, la cele cu unghiuri ascuțite sau rotunjite, la acestea din urmă calculîndu-se intensitatea maximă a cîmpului şi factorul de utilizare. Acestea sînt deseori folosite în studiul descărcărilor electrice între diferite tipuri de electrozi.

Întîlnim şi transformarea conformă utilizînd o funcţie neliniară, după metoda ortogonală a lui Richmond. În studiul respectiv este inclus şi profilul Borda, folosit iniţial în curgerea fluidelor. Profilul Borda este prezentat detaliat.

Ultimul capitol al prezentării conforme îl constituie sinteza funcţională, cu explicarea unei metode de măsurare în coordonate carteziene şi posibilitatea de construire a funcţiilor $z = z(w)$. Această importantă metodă a studiului analitic se bazează pe ortogonalitatea funcţiilor u şi v ($w = u + iv$), care îndeplinesc condiţiile Cauchy-Rieman.

Deşi în cadrul acestui capitol este tratată invarianţa energiei cîmpului electric în planurile z şi w, nu apare modul în care se transformă şi alte mărimi ale cîmpului electric în transformarea conformă (sarcina electrică a conductoarelor, lungimea lor, capacitatea electrică dintre conductoare şi chiar cîmpul electric).

La fundamentarea matematică a problemelor este de menţionat desprinderea aspectelor esenţiale, urmate de o prezentare concisă şi exactă a noţiunilor de ordin tehnic. Se remarcă îndeosebi, în capitolul I, aspectele tehnice ale problemelor tratate, aplicabilitatea exemplelor studiate, precum şi sistematizarea acestora.

Problemele care apar ca deosebit de interesante sînt cele legate de metodele de sinteză funcţională şi cele legate de funcţiile superioare cu aplicabilitate imediată la studiul cîmplului electric (funcţia Jacobi) şi în aspectele practice ale descărcărilor electrice.

Capitolul II — Metode numerice — este mai restrîns, cuprinde puţine exemple de calcul, iar tratarea aspectului matematic este concentrată. Se prezintă două metode de iteraţie pentru domenii de diferite forme şi pentru diferite condiţii pe frontieră; metodele se concretizează prin cîteva exemple de calcul. Metoda Monte Carlo şi metoda celor mai mici pătrate sînt date numai calitativ, exemplificîndu-se modul de aplicare a celei din urmă la două configuraţii de cîmp. Mai atent sînt dezvoltate problemele cîmpurilor tridimensionale de diferite forme.

Capitolul III constituie un ansamblu bine închegat al cărţii, coerent din punct de vedere matematic şi electrotehnic şi important din punct de vedere al noţiunilor pe care le cuprinde. De altfel, sistematizarea concentrată a sistemelor de coordonate, utilizate în calculul cîmpurilor electrice, prezentată în încheierea lucrării, este foarte utilă şi uşurează mult folosirea lor în calculele practice.

Subcapitolul III-1 se ocupă de ecuaţia Laplace a potenţialului electric, $\Delta\,\Phi = 0$, şi de rezolvarea ecuaţiei prin metoda separării variabilelor.

Se trec în revisă probleme legate de schimbarea sistemelor de coordonate cu ajutorul sistemului de coordonate curbilinii şi se reamintesc expresiile coeficienţilor metrici şi ale elementelor de linie, de suprafaţă şi de volum şi ale elementelor grad Φ şi $\Delta\Phi$, cu particularizare în sistemul de coordonate cilindrice şi sferice (III-2).

Întrucît aplicarea unuia sau a altuia dintre sistemele de coordonate are ca scop scrierea ecuaţiei $\Phi = 0$ sub o formă în care să fie utilizabilă o expresie a potenţialului $\Phi = U^1\,(u^1)\cdot U^2\,(u^2)\cdot U^3\,(u^3)$, capitolul III se ocupă în continuare exclusiv de această posibilitate începînd cu separarea simplă. Această metodă, cunoscută sub numele de ,,separarea S'', constă în utilizarea unei matrice de transformare a coordonatelor a lui Stäckel — matricea S — cu ajutorul căreia este posibilă scrierea ecuaţiei $\Phi = 0$ în orice sistem de coordonate. Se precizează, însă, calculele laborioase ce trebuie executate.

Se aminteşte de o altă modalitate de transformare a sistemelor de coordonate, sistemul Eisenhart, de altfel puţin dezvoltat (III-4).

O prezentare largă capătă în subcapitolul III—5 sistemul de transformare a sistemelor de coordonate Moon-Spencer înfăţişat clar şi sistematic.

Se dezvoltă şi metoda separării R bazată pe metoda separării S, al cărei principiu este prezentat în subcapitolul III 6—1. Cu ajutorul acesteia se obţine sistemul de coordonate bisferice şi toroidale, ca şi expresia ecuaţiei Laplace în aceste sisteme.

Util şi interesant este şi subcapitolul III 9—1, care cuprinde aplicarea sistemelor de coordonate în studiul cîmpului electric creat de diferite sisteme de electrozi, cu o utilizare selecţională a sistemului celui mai indicat cîmpului respectiv. Astfel, în subcapitolul III 9—1, separarea variabilelor în sistemul de axe de translaţie cilindrice este folosită la determinarea cîmpului electric în cabluri şi în ghiduri de undă, iar coordonatele elipsoidale de studiul cîmpului, al distribuţiei potenţialului şi al valorii maxime a cîmpului la cabluri elipsoidale, precum şi la determinarea cîmpului şi a factorului de utilizare în sistemele de electrozi-vîrf, ca aplicaţie a suprafeţelor hiperboloide.

Sînt folosite coordonatele Cassini în studiul conductoarelor paralele, al coordonatelor Maxwell, precum şi al celor date de funcţiile sn şi cn, acestea din urmă cu largi aplicaţii la electrozi eliptici. Folosirea lor în exemple practice se concretizează în stabilirea valorii maxime a cîmpului şi a factorului de utilizare (de neuniformitate a cîmpului).

Capitolul III prezintă o importanţă sporită pentru domeniul tensiunilor înalte, prin studiul pe care-l face asupra unor sisteme de electrozi mult folosiţi în cercetarea descărcărilor electrice şi a comportării izolaţiei în cîmpuri neuniforme.

Lucrarea face o sinteză asupra schimbărilor de coordonate utile în rezolvarea ecuaţiei Laplace, prin separarea variabilelor, dar ceea ce este mai important este aplicarea acestei metode în cazurile cele mai potrivite.

Cartea face, astfel, o prezentare a metodelor de studiu a cîmpurilor electrice de înaltă tensiune şi dă relaţiile matematice fundamentale. Expunerea este clară, concisă şi denotă o bună sistematizare a materialului. O remarcă deosebită merită partea aplicativă a lucrării, precum şi studiul concret al anumitor configuraţii de cîmp. În concluzie, cartea constituie un excelent ghid pentru calculele inginereşti din domeniul energetic.

Ing. **Marilena Ungureanu**

◆

Revista ,,ENERGETICA"— organ al Ministerului Energiei Electrice şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R.S. România (CNIT). Redacţia: Bucureşti, str. Galaţi nr. 5—7, Sectorul II; Tel. 136683; 130053. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinete tehnice în contul nostru de virament: nr. 30.01 01.00 B.N.R.S.R. —Sectorul VI. Tarif pentru întreprinderi lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri lei 30 anual. Preţul unui exemplar lei 5.

Taxele poştale plătite în numerar conform aprobării D.G.P.T. nr. 10.1095, 1967

I.P.I. — c. 6014

41 401

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

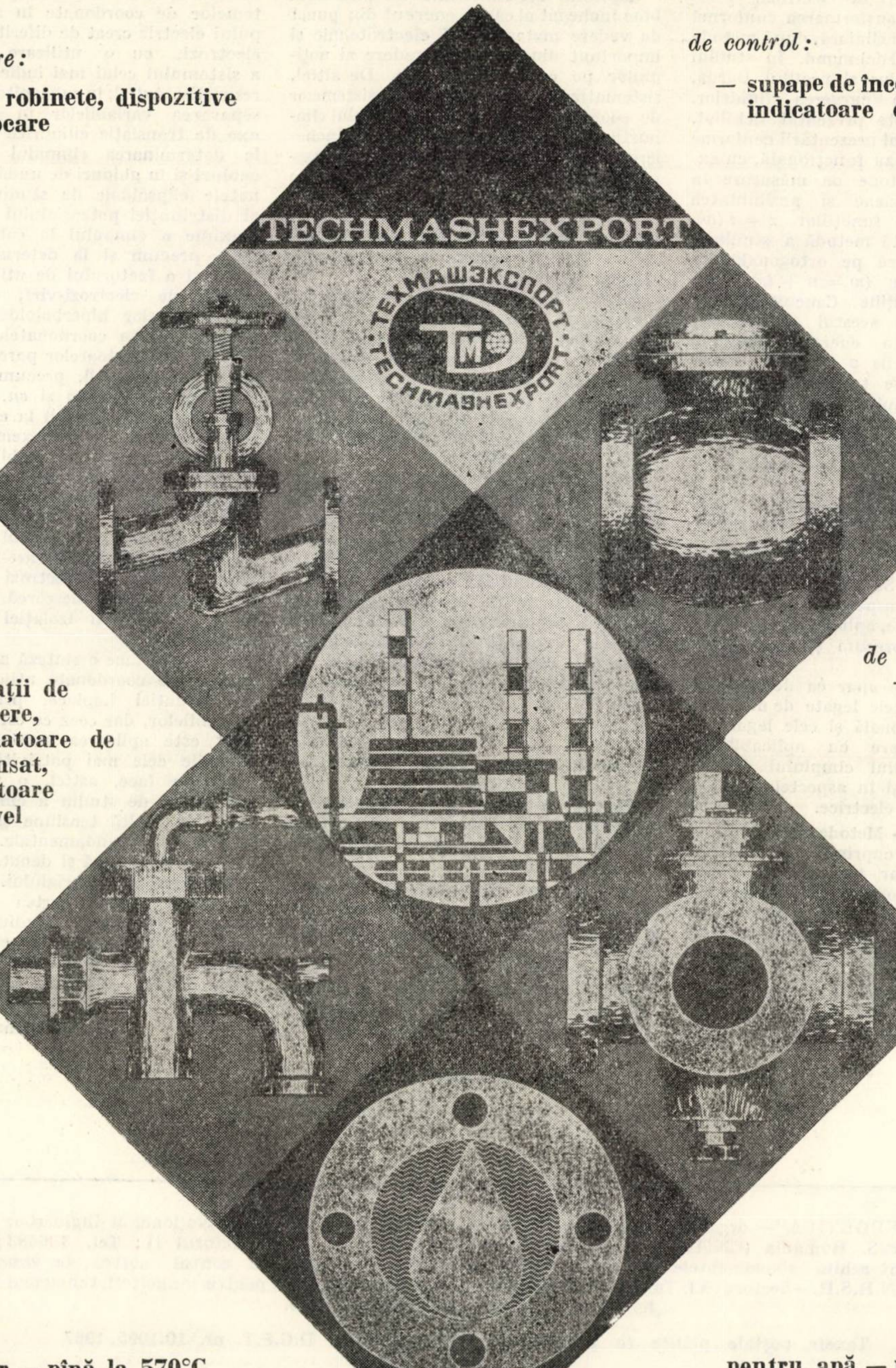
ȚARA GIGANȚILOR ENERGETICI OFERĂ ARMĂTURI DE TOATE FELURILE PENTRU PARAMETRI ÎNALȚI

de închidere:

— vane, robinete, dispozitive de blocare

de control:

— supape de încercare, indicatoare de nivel etc.



de reglaj:

— instalații de închidere, eliminatoare de condensat, regulatoare de nivel

de siguranță:

— supape de siguranță, reversibile, instalații de siguranță cu impuls

pentru abur — pînă la 570°C și 140 kgf/cm²

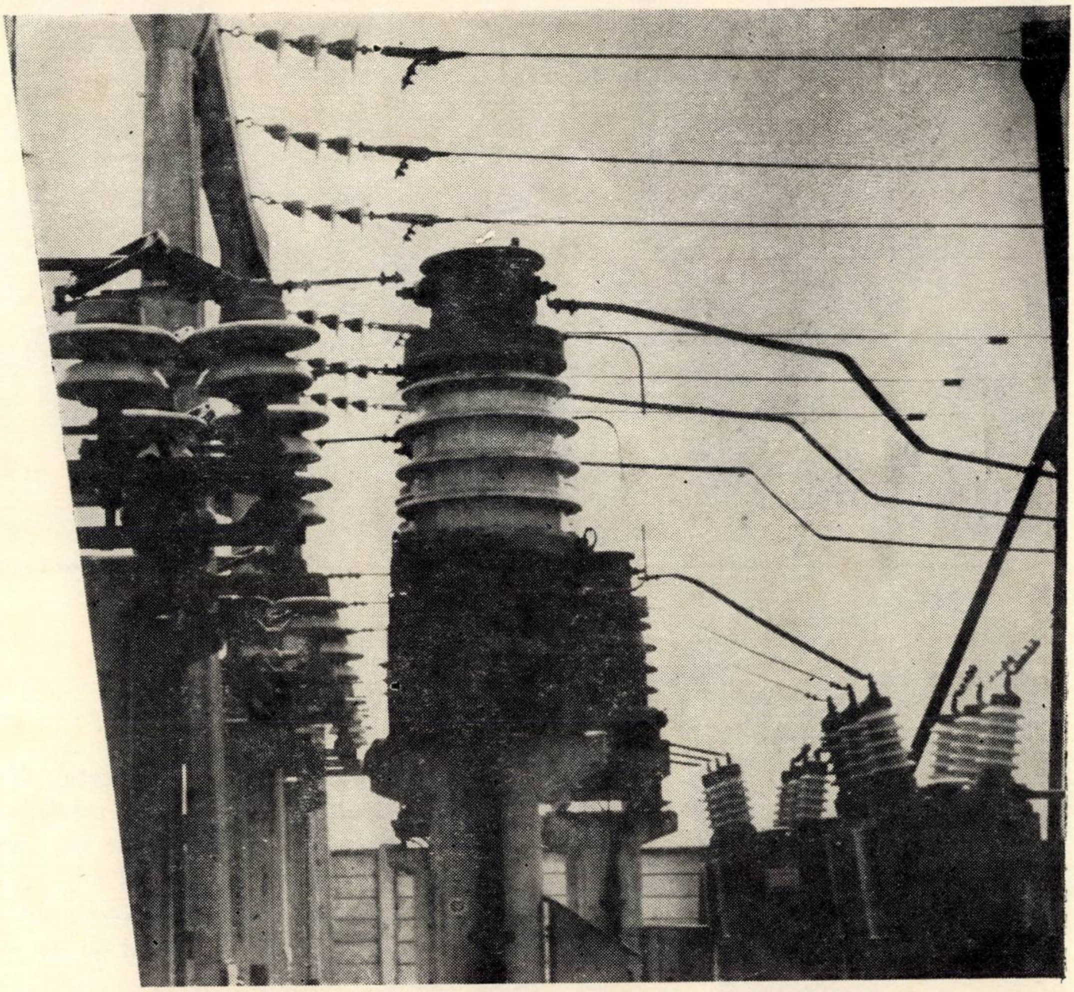
pentru apă — pînă la 230°C și 230 kgf/cm²

EXPORTATOR:
V/O TEHMAȘEXPORT, STR. MOSFILMOVSK AIA 35, MOSCOVA V—330, U.R.S.S. TELEX: 256

PUBLICOM

IRE

TG. MUREȘ



- produce, transportă și distribuie energie electrică în rețele electrice de înaltă, medie și joasă tensiune;

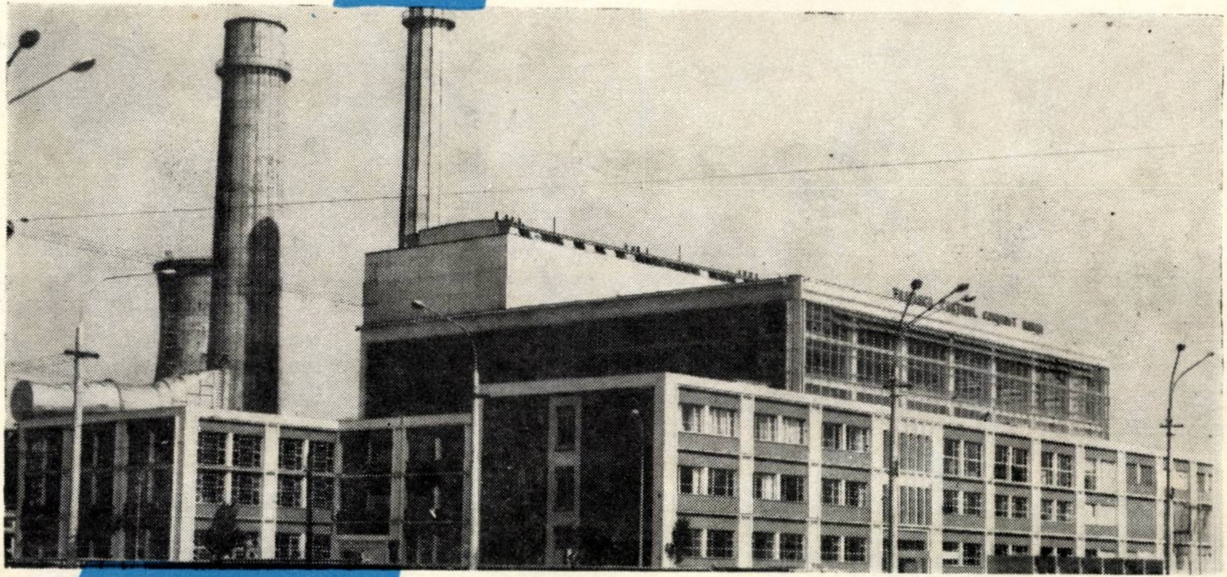
- execută:
  - verificări de aparate electrice de măsură și control în laboratorul PRAM
  - lucrări de construcții—montaj la electrificări rurale și industriale și instalații interioare;
  - lucrări de întreținere la iluminatul public;
  - proiecte de instalații energetice

Tg. Mureș, str. Elba nr. 3 — Tel. 5211

i. e. c.

Borzești

Întreprinderea Electrocentrale Borzești furnizează energie electrică sistemului energetic național, prin centralele sale, care au o putere totală instalată de 705 MW.



Exploatarea CET Iași

- *Exploatarea CET Iași este înzestrată cu echipament și instalații moderne, producătoare de energie electrică și termică, cu o putere instalată de 57 MW*
- *Prin procesul de producție asigură alimentarea cu energie electrică și termică a consumatorilor industriali și casnici din zona orașului Iași*

ÎNTREPRINDEREA ELECTROCENTRALE BORZEȘTI

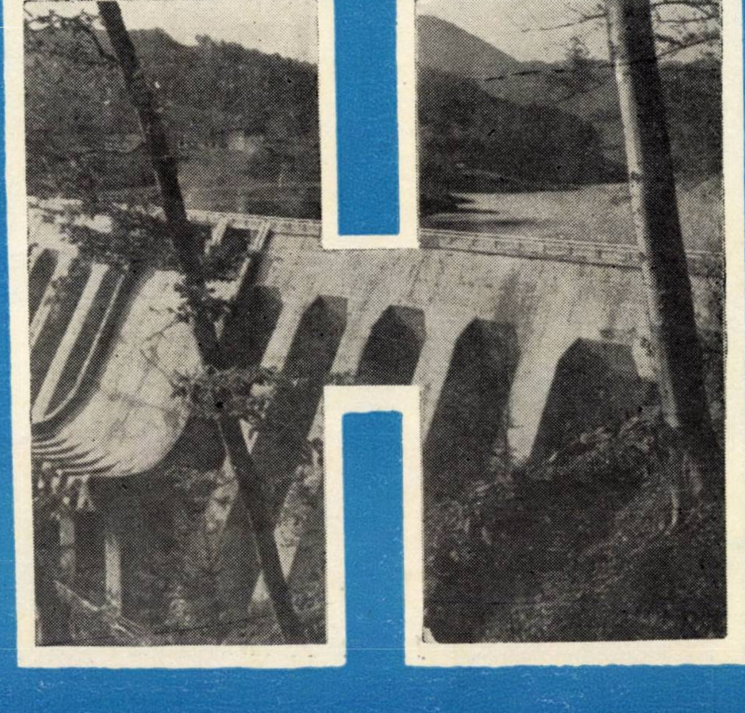
ORAȘUL GH. GHEORGHIU-DEJ, JUD. BACĂU

ÎNTREPRINDEREA DE CONSTRUCȚII HIDROENERGETICE BUCUREȘTI

EXECUTĂ LUCRĂRI DE

- **Baraje de toate genurile**
- **Centrale hidroelectrice subterane și de suprafață**
- **Ecluze**
- **Tuneluri și galerii hidrotehnice**
- **Canale și diguri**
- **Amenajări pentru alimentarea cu apă a marilor industrii**
- **Complexe pentru producerea agregatelor de betoane**

I.C.H. București
Str. Dimitrie Onciu nr. 23—25
Telefon: 35.54.70
Telex: INCOHIDROEN
București 244

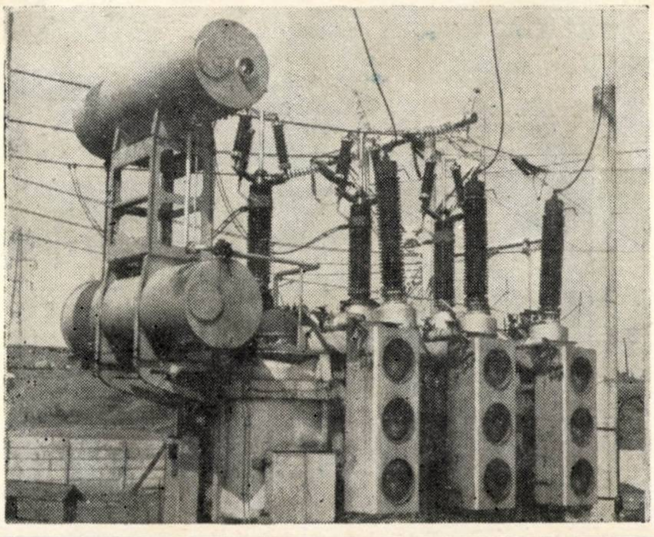


- **PROIECTEAZĂ, EXECUTĂ ȘI EXPLOATEAZĂ**

Posturi și stații de transformare
Linii electrice aeriene și subterane de transport și distribuție
Instalații de iluminat exterior
Instalații electrice interioare

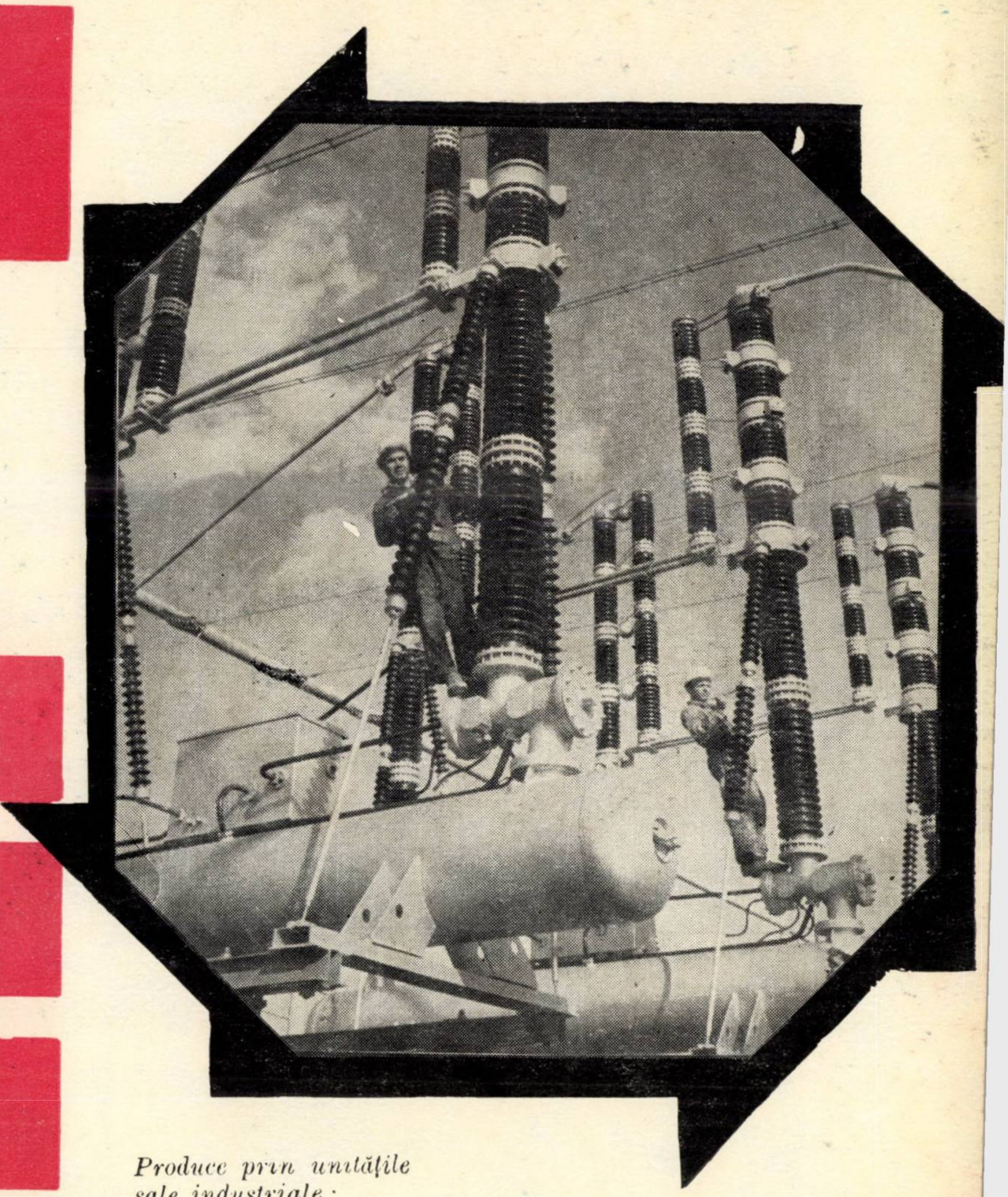
- **EFECTUEAZĂ** încercări profilatice la aparatajul electric și verificări de protecții prin relee

- **ASIGURĂ** buna deservire a consumatorilor de energie electrică din sectorul industrial, agricol și casnic din regiune



ire suceava

ÎNTREPRINDEREA DE REȚELE ELECTRICE SUCEAVA
Str. Uzinei nr. 38



T E M

Execută prin unitățile sale de construcții :

- Stații electrice și posturi de transformare
- Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV
- Linii electrice de distribuție
- Electrificări rurale

Produce prin unitățile sale industriale :

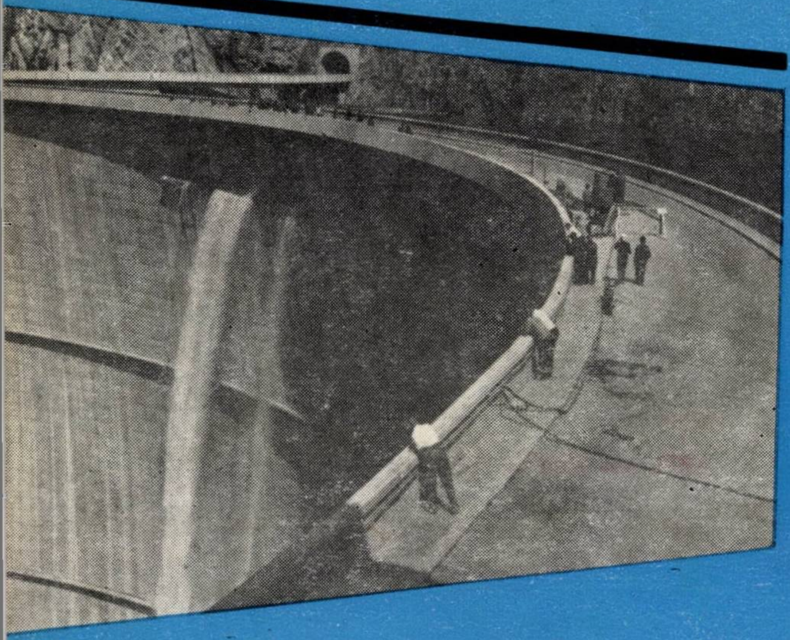
- Stîlpi metalici
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat, pretensionați
- Celule și panouri pentru centrale și stații electrice
- Posturi de transformare urbane și rurale complet prefabricate
- Diverse prefabricate pentru centrale electrice, stații, posturi de transformare și linii electrice de transport și distribuție

TRUSTUL ELECTROMONTAJ BUCUREȘTI

Cal. Moșilor nr. 158
TELEFON 16.63.30

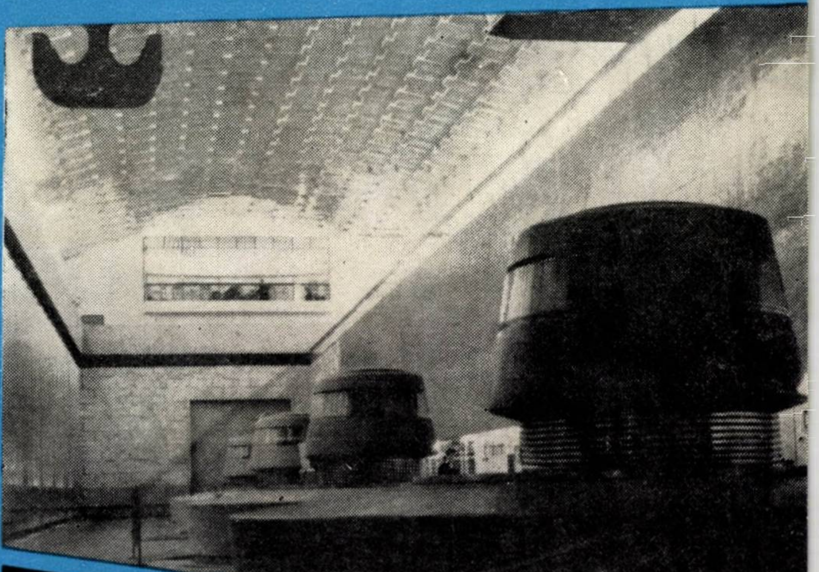
ICH

RM. VÎLCEA



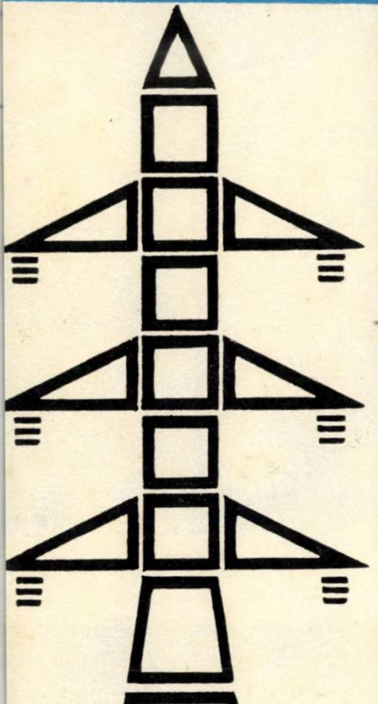
Centralele hidroelectrice ale ICH Rîmnicu Vîlcea furnizează energie electrică sistemului energetic național, fiind interconectate la acesta. Energia electrică furnizată asigură alimentarea cu energie electrică a consumatorilor industriali, agricoli și casnici din zonă.

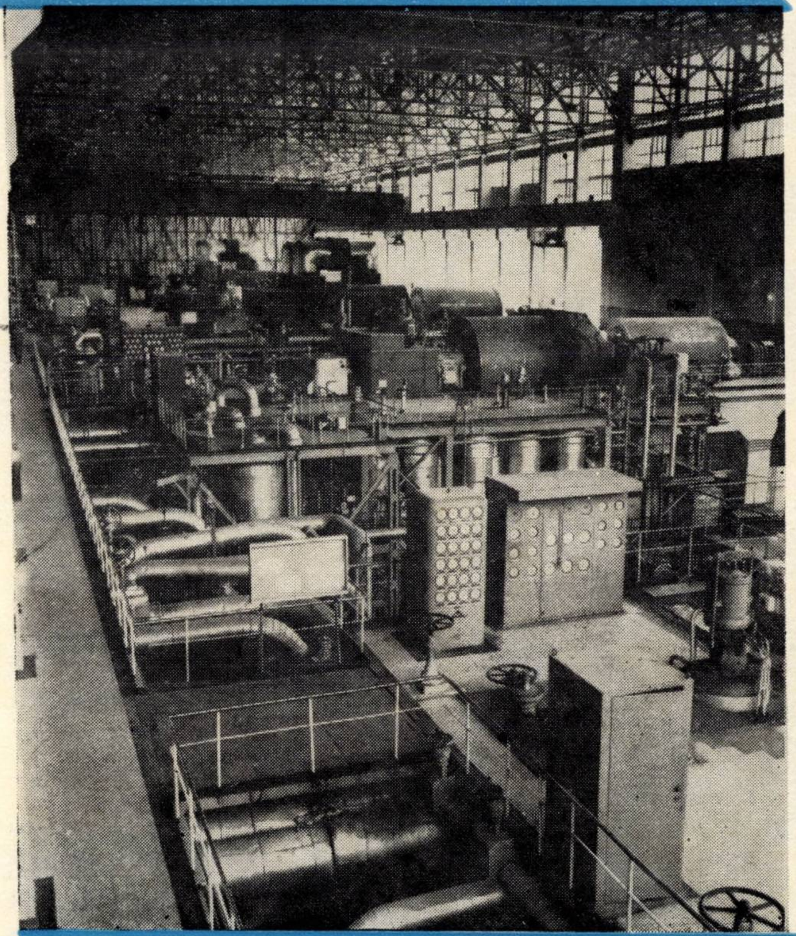
Principala centrală — CHE Argeș — amenajată în subteran, are o putere instalată de 220 MW, în patru grupuri de 55 MW fiecare. Este automatizată și telemecanizată, asigurînd o funcționare continuă și energie electrică de calitate.



ÎNTREPRINDEREA DE CENTRALE HIDROELECTRICE R. VÎLCEA
Str. G-ral Magheru 19

întreprinderea
electrocentrale
bucurești





Produce și furnizează sistemului energetic național energie electrică pentru consumatorii din zonă și căldură pentru consumatorii din municipiul București

Centralele IEC București sînt înzestrate cu instalații și utilaje de înaltă tehnicitate

IEC BUCUREȘTI, SPL. INDEPENDENȚEI NR. 229

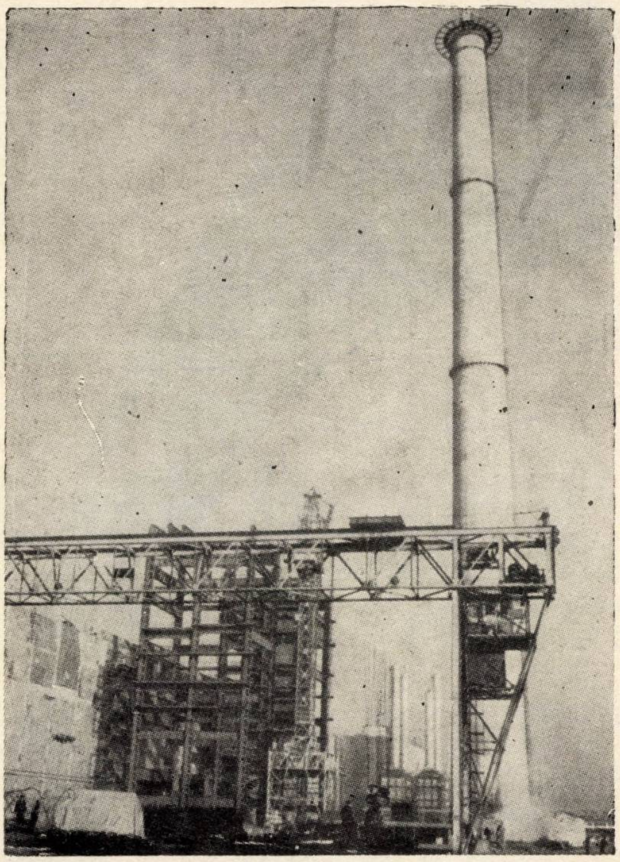
întreprinderea electrocentrale CRAIOVA

CENTRALA ELECTRICĂ DE TERMOFICARE CRAIOVA

- **CET Craiova, înzestrată cu grupuri moderne și instalații cu un înalt grad de automatizare și concentrare a comenzilor, produce și furnizează, în condiții de siguranță și calitate:**
  - *energie electrică sistemului energetic național;*
  - *energie termică consumatorilor industrali din zonă;*
  - *cenușă uscată pentru industria construcțiilor.*
- **Cenușa livrată de centrală se poate utiliza de fabricile de ciment la elaborarea betonului celular autoclavizat, din care se realizează cărămizi ușoare, panouri mari pentru hale industriale, stîlpi ușori, izolații termice, hidrofuge și fonice, precum și alte produse necesare industriei construcțiilor și materialelor de construcții.**

IEC CRAIOVA, COM. IȘALNIȚA, JUD. DOLJ

TRUSTUL DE CONSTRUCŢII ŞI MONTAJE ENERGETICE
Bucureşti, Calea Moşilor nr. 158



EXECUTĂ PRIN UNITĂŢILE SALE:

Lucrări de construcţii la centrale termoelectrice echipate cu grupuri de 25-315 MW

Montaje de centrale termoelectrice echipate cu grupuri de 25-315 MW şi centrale hidroelectrice de 5, 5-170 MW

Reţele de termoficare industrială şi urbană

Centrale termice echipate cu cazane de apă fierbinte

Instalaţii de a. m. c. pentru centrale electrice

Instalaţii hidromecanice pentru centrale electrice

MTEC

Construcţii hidrotehnice aferente centralelor termoelectrice

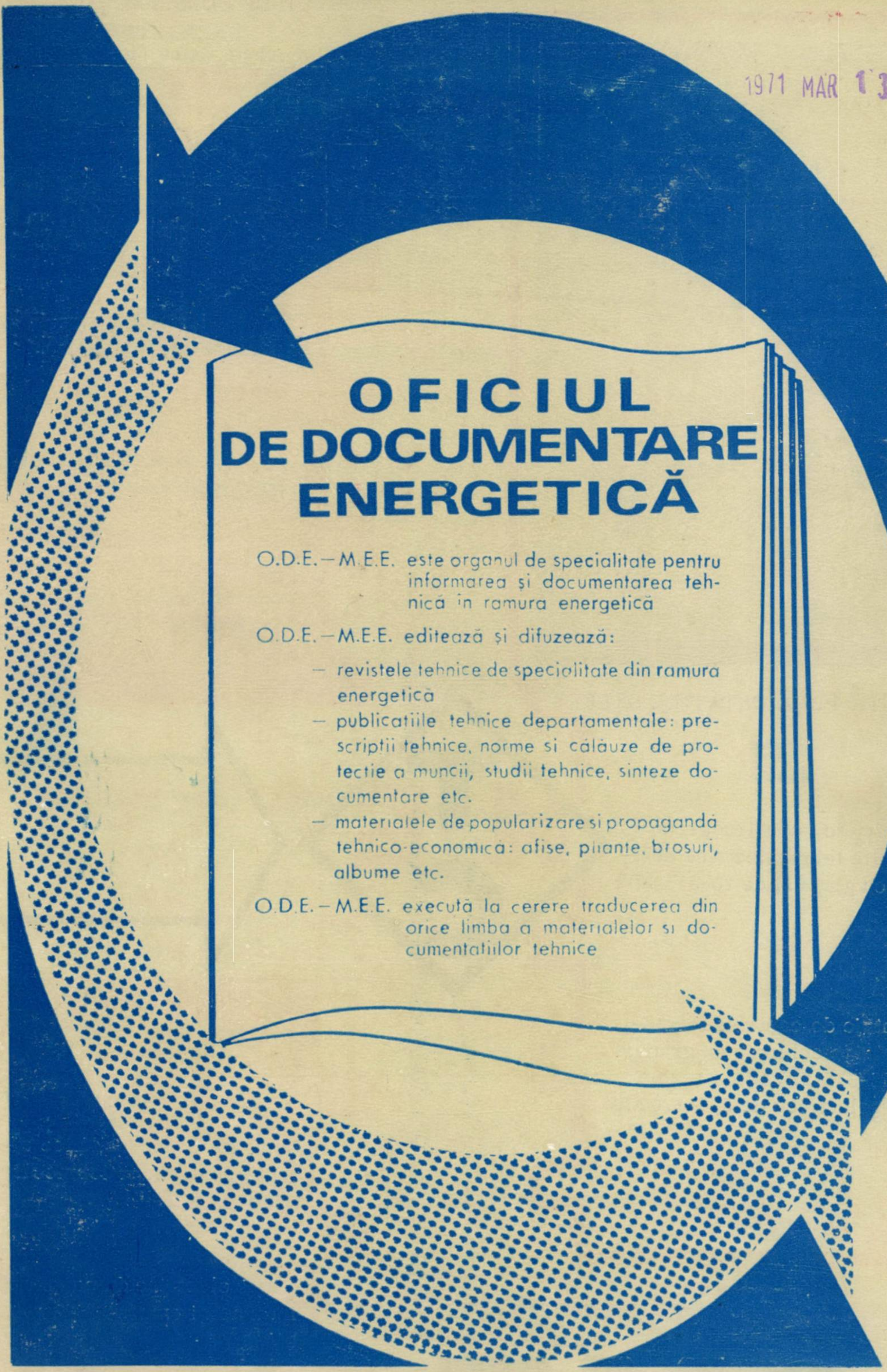
Staţii electrice de conexiuni interne şi externe de 20-400 kV

Confecţii metalice aferente centralelor termoelectrice

TCME

ORSZÁGOS MŰSZAKI DOKUMENTÁCIÓ KÖZPONT 1983

1971 MAR 13



OFICIUL DE DOCUMENTARE ENERGETICĂ

O.D.E. – M.E.E. este organul de specialitate pentru informarea și documentarea tehnică în ramura energetică

O.D.E. – M.E.E. editează și difuzează:

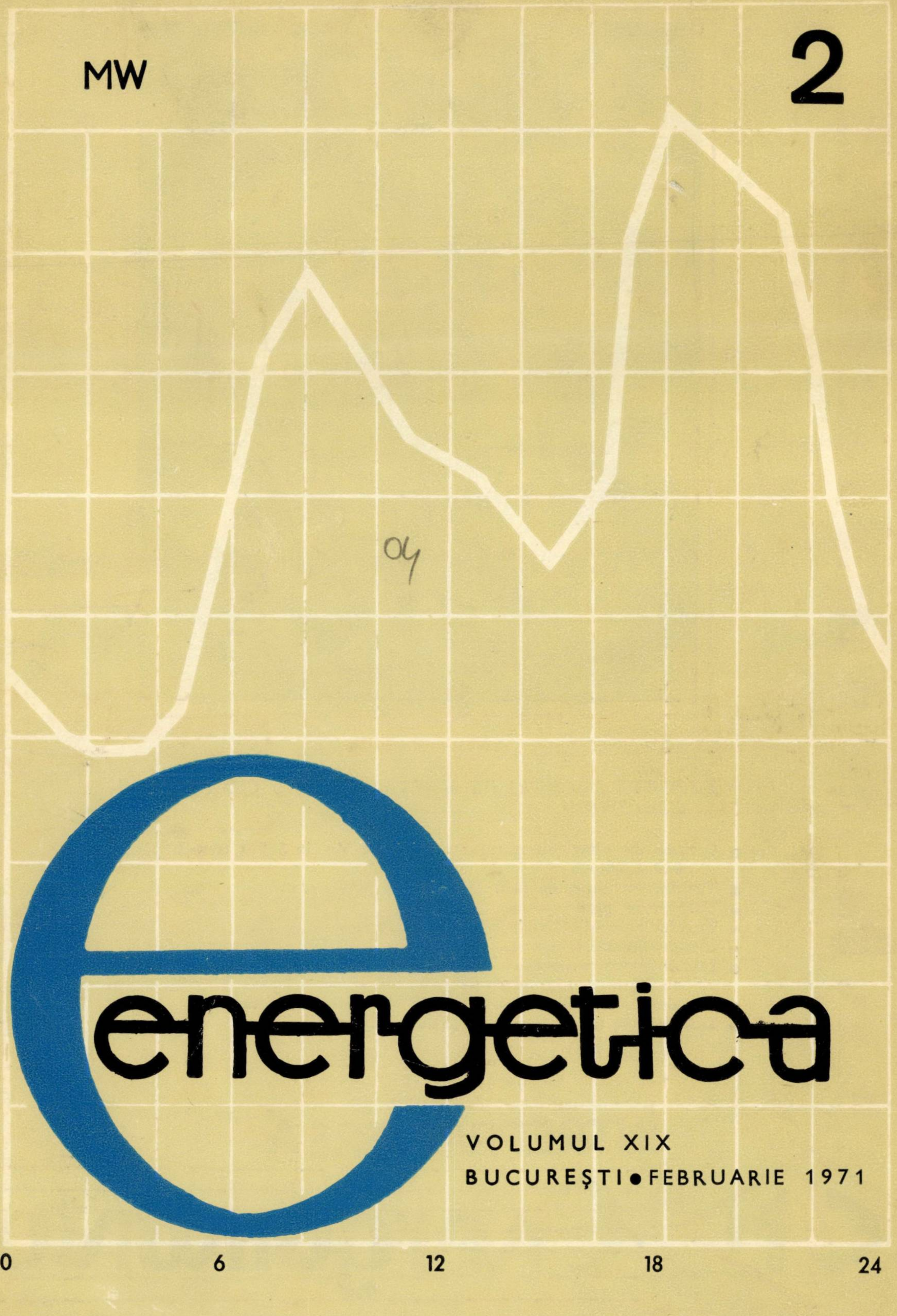
- revistele tehnice de specialitate din ramura energetică
- publicațiile tehnice departamentale: prescripții tehnice, norme și călăuze de protecție a muncii, studii tehnice, sinteze documentare etc.
- materialele de popularizare și propagandă tehnico-economică: afișe, pliante, broșuri, albume etc.

O.D.E. – M.E.E. execută la cerere traducerea din orice limbă a materialelor și documentațiilor tehnice

Abonați-vă la revistele și produsele periodice editate de oficiul nostru, pentru a fi la curent cu toate noutățile tehnice ce apar în problemele de cercetare, proiectare, execuție și exploatare care interesează ramura energetică.

O.D.E.-M.E.E. BUCUREȘTI, str. GALAȚI 5-7, Sect. 2, tel. 15 16 28, 14 00 17

E 2039

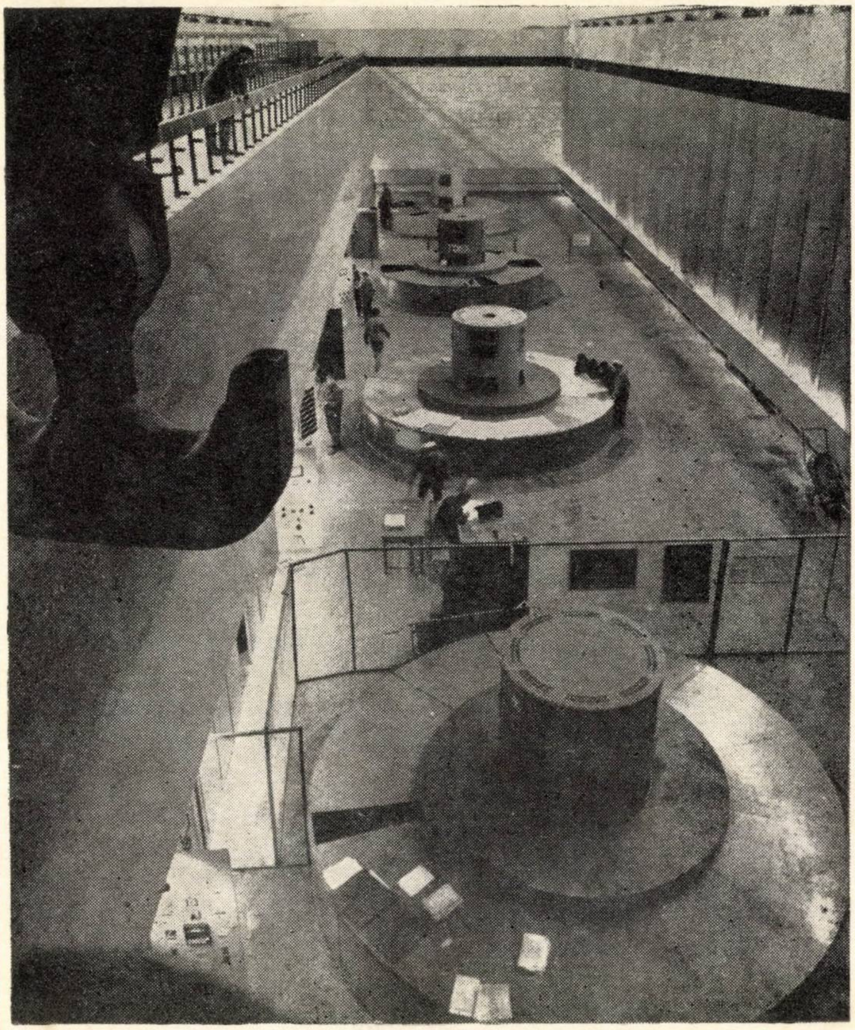


2

04

energetica

VOLUMUL XIX
BUCUREŞTI • FEBRUARIE 1971



EXECUTĂ LUCRĂRI DE MONTAJ PENTRU CENTRALELE ELECTRICE

- **Cazane de abur cu parametri ridicați, de la 500 t abur/h pînă la 640 t abur/h**
- **Turbine cu abur, de la 5 MW la 315 MW**
- **Turbine cu gaze**
- **Turbine hidraulice, de la 5,5 MW la 170 MW**
- **Compensatoare sincrone**
- **Instalații termomecanice auxiliare ale centralelor termoelectrice și echipament hidromecanic**
- **Instalații electrice de joasă, înaltă și foarte înaltă tensiune**
- **Instalații de măsură, control și automatizare**

ÎNTREPRINDEREA

Energomontaj

BUCUREȘTI Calea Dorobanților 105

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL
AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

ANUL 19 Nr. 2 Februarie

Cuprinsul

		Pag.
Dimo, P., Groza. L., Moraite, G. şi Cristea, H.	**Îmbunătăţirea siguranţei în exploatarea reţelelor electrice cu ajutorul consolelor de vizualizare**	53—57
Moraru, D., Popescu, Gh., Stoica, M. şi Tănăsescu, Fl.	**Determinarea degradărilor produse de descărcările parţiale în sistemele de izolaţie hîrtie-ulei**	58—63
* * *	**Lista rapoartelor prezentate la cea de-a 23-a sesiune a CIGRE**	63—66
Buhuş, P.	**O extindere probabilistică a metodelor deterministe pentru rezolvarea reţelelor electrice liniare**	67—75
Popa, T.	**Consideraţii cu privire la funcţionarea grupurilor turbogeneratoare cu presiune alunecătoare**	75—79
Moţoiu, C.	**Alegerea capacităţii şi a caracteristicilor turnurilor de răcire care funcţionează în regim variabil**	79—84
Leca, A.	**Consideraţii asupra folosirii suprafeţelor rugoase în îmbunătăţirea performanţelor schimbătoarelor de căldură**	85—89
Istrate, I.	**Consideraţii privind calculul la oboseală al paletelor de turbină**	89—95
Rothman, A.	**Studiul actual al folosirii analizoarelor de reţea în străinătate**	95—98

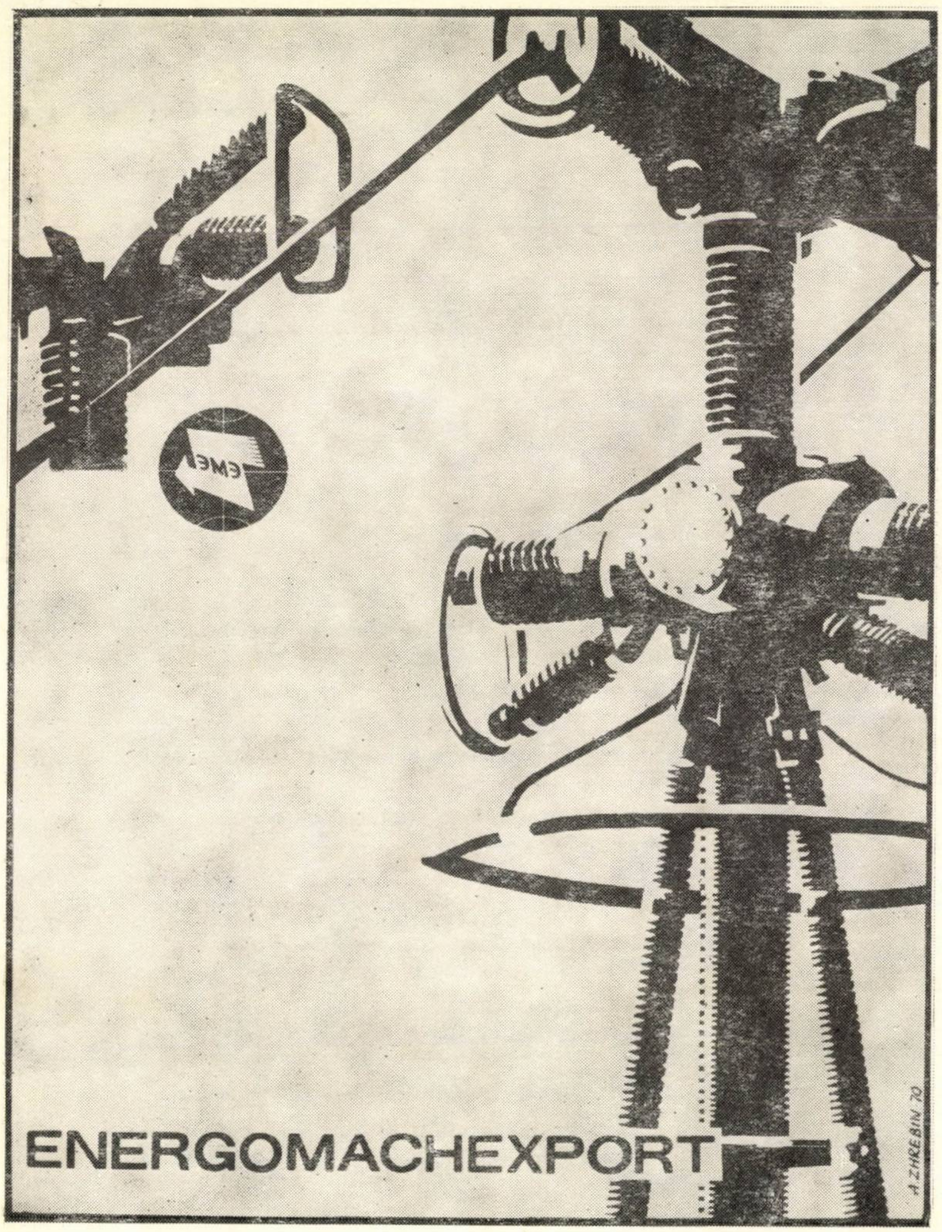
INFORMAŢII

CRONICĂ

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. ing. I. D. STĂNCESCU, redactor responsabil, ing. G. IORGULESCU, redactor responsabil adjunct, conf. ing. I. A. BADEA, ing. ST. BERENGHI, conf. ing. A. COGĂLNICEANU, dr. ing. P. DIMO, membru corespondent al Academiei Republicii Socialiste România, laureat al Premiului de Stat, ing. H. FURTUNESCU, ing. P. IFTIME, ing. L. LUCA, ing. B. MARCU, dr. ing. A. MĂCRIŞ, conf. ing. C. MIHĂILEANU, conf. dr. ing. V. I. NIŢU, ing. A. SPÎNU, ing. R. ZANE

OFICIUL DE DOCUMENTARE ENERGETICĂ



Un singur gest, și puternicul val de energie poate fi instantaneu oprit. Aceasta nu este o minune, ci este întreruptorul VVB în funcțiune. Cu astfel de întreruptoare cu aer și cameră de suflaj, pentru tensiuni de **110, 220, 330, 500** și **750** kV, sînt echipate puternicele centrale electrice ale U.R.S.S.

- Siguranță perfectă împotriva exploziei
- Ușurință la revizie : nu este necesar nici un utilaj de ridicat
- Stabilitate ridicată a contactelor
- Tipizare completă a pieselor și organelor esențiale pentru toate tensiunile de lucru

ANSAMBLUL ACESTOR PROPRIETĂȚI FACE DIN ÎNTRERUPTOARELE VVB APARATE INDISPENSABILE SISTEMELOR ENERGETICE MODERNE.

Expediați cererile dv. la adresa următoare :

V/O ENERGOMACHEXPORT

Str. Mosfilmovskaia 35
MOSCOVA V—330, U.R.S.S.
Telex : 255

PUBLICOM

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.311.1.004.1

Димо, П., Гроза, Л., Мораите, Г. и *Кристя, Х.:* **Улучшение надёжности эксплуатации электрических сетей при помощи приспособлений (кронштейнов) с наглядными показаниями** (Доклад был представлен на Съезде СИГРЭ-1970 г.)

Авторы описывают приспособление с наглядными показаниями и приемы, используемые при проведении анализа режимов работы сетей в Румынии, в целях улучшения надежности и регулирования. Имеется возможность получить показания для принятия решений в целях избежания неустойчивых режимов, а также необходимые сведения для наблюдения за работой сетей в реальных промежутках времени и путем моделирования.

Energetica 19 (1971), No. 2, стр. 53–57

ДК 621.3.015.5:621.315.614.6:621.315.615.2

Морару, Д., Попеску, К., Стойка, М. и Тэнэсеску, Фл.: **Определение дефектных мест бумажно-масляной изоляции при частичных разрядов**

Energetica 19 (1971), No. 2, стр. 58–63

Список докладов представленых на 23-ей сессии СИГРЕ

Energetica 19 (1971), No. 2, стр. 63–66

ДК 519.2 : 621.311.001.57

Бухуш, П.: **Рассмотрение применением теории вероятности, методов определения для получения решений по линейным электрическим сетям**

Предлагается метод расчета с применением теории вероятности для определения полного вероятного диапазона режимов на подстанциях и в линиях электрической линейной сети. Этот метод применяется и в случаях несиметричных и нелинейных режимов.

Energetica 19 (1971), No. 2, стр. 67–75

ДК.621.311 22.004.13

Попа, Т.: **Соображения в связи с работой турбогенераторов на скользящем давлении**

Рассматриваются характеристики работы турбогенераторов на скользящем давлении, а также результаты расчётов, выполненных автором при рассмотрении влияния работы турбогенератора с начальным постоянным или скользящим давлением, с точки зрения номинального значения этого давления, на разницу удельного расхода тепла при частичной нагрузке в 50 %.

Energetica 19 (1971), No. 2, стр. 75–79

ДК 621.175.3 .001.2

Моцоюю, К.: **Целесообразный выбор мощности и характеристик градирэнь, работающих на переменном режиме**

Приводятся расчетные соотношения, необходимые для определения мощности и характеристик градирень для теплоэлектростанций и теплоэлектроцентралей.

Energetica 19 (1971), No. 2, стр. 79–84

ДК 621.181.632

Лека, А.: **Соображения по использованию шероховатых поверхностей для улучшения работы теплообменников.**

В статьи рассматриваются условия, при которых теплообменные шероховатые поверхности обеспечивают лучшие результаты по сравнению с гладкими поверхностями. Сравнительная эффективность рассматривается с точки зрения энергетической и эксергетической.

Energetica 19 (1971), No. 2, стр. 85–89

ДК 539.43:621.165

Истрате, И. **О расчете усталости турбинных лопаток**

Energetica 19 (1971), No.2, стр. 89–95

ДК 621.311.001.57

Ротман, А.: **Настоящее положение использования заграницей сетевых анализаторов.**

Автор приводит ряд доводов в целях использования сетевых анализаторов переменного тока при существующей стадии энергетического развития.

Energetica 19 (1971), No. 2, стр. 95–99

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.311.1.004.1

Dimo, P., Groza, L., Moraite, G. und *Cristea, H.* : **Verbesserung der Betriebssicherheit elektrischer Netze vermittels Vorrichtungen für sichere Meldung von Betriebsvorgängen** (der CIGRE vorgelegter Bericht 1970)

Die Verfasser beschreiben Vorrichtungen und Verfahren für sichtbare Darstellung von Betriebsvorgängen, in Netzen, wie sie in Rumänien zur Erhöhung der Betriebssicherheit und Verbesserung der Steuerung gebraucht werden. An Hand derartiger Geräte können Hinweise für Entscheidungen zur Verhinderung instabiler Zustände und die für Verfolgung des Verhaltens des Netzes im Betrieb und bei Versuchen erforderliche Informationen erhalten werden.

Energetica 19 (1971), H. 2, S. 53–57

DK 621.3.015.5:621.315.614.6:621.315.615.2

Moraru, D., Popescu, Gh., Stoica, M. und Tănăsescu, Fl.: **Ortung von durch Teilentladungen bewirkten Schäden in Papier-Öl-Isolierungen**

Energetica 19 (1971), H. 2, S. 58–63

Verzeichnis der anlässlich der XXIII CIGRE-Tagung vorgelegten Berichte

Energetica 19 (1971), H. 2, S. 63–66

DK 519.2:621.311.001.57

Buhuş, P. : **Probabilistische Erweiterung deterministischer Verfahren für Berechnung linearer elektrischer Netze**

Es wird ein probabilistisches Berechnungsverfahren vorgeschlagen, für Berechnung des gesamten wahrscheinlichen Zuständespektrums in den Schaltwarten und Leitungen eines linearen elektrischen Netzes. Das Verfahren ist auch bei nichtsymmetrischen oder nichtlinearen Zuständen anwendbar.

Energetica 19 (1971), H. 2, S. 67–75

DK 621.311.22.004.1

Popa, T. : **Betrachtungen über den Lauf von Turbinensätzen bei gleitendem Druck**

Es werden die Merkmale des Laufs von Turbinensätzen bei gleitendem Druck erörtert. Weiterhin werden dargestellt die Ergebnisse der vom Verfasser aufgestellten Berechnungen zur Untersuchung des Einflusses des Laufs von Maschinensätzen mit anfänglich konstantem oder vom Standpunkt des Nennwerts gleitenden Druck auf die Differenzen des spezifischen Wärmeverbrauchs bei 50 % Belastung.

Energetica 19 (1971), H. 2, S. 75–79

DK 621.175.3.001.2

Moţoiu, C. : **Rationale Auswahl der Leistungen und technischen Merkmale von Kühltürmen für variablen Betrieb**

Es werden Berechnungssätze zur Ermittlung von Leistungen und technischer Merkmale von Kühltürmen für Kondensations- und Fernheiz-Dampfkraftwerke erörtert.

Energetica 19 (1971), H. 2, S. 79–84

DK 621:182.632

Leca, A. : **Betrachtungen über die Verwendung rauher Oberflächen zwecks Verbesserung der Leistungen von Wärmetauschanlagen**

Darstellung der Bedingungen unter denen rauhe Wärmetauscherflächen höhere Leistungen gegenüber glatter Flächen erzielen. Die Wirtschaftlichkeit wird vom Standpunkt der Energie und Exergie vergleichen.

Energetica 19 (1971), H. 2, S. 85–89

DK 539.43:621.165

Istrate. I.: **Betrachtungen zur Berechnung der Alterung von Turbinenschaufeln**

Energetica 19 (1971), H. 2, S. 89–95

DK 621.311.001.57

Rothman, A. **Gegenwärtiger Stand des Anwendung von Geräten zur Untersuchung von Netzzuständen im Ausland**

Der Verfasser bietet eine Reihe von Argumenten die für eine Anwendung von Gleichstrom-Netzanalysoren im gegenwärtigen Entwicklungsstand der Energiewirtschaft sprechen.

Energetica 19 (1971), H. 2, S. 95–99

SOMMAIRE

CD 621.311.1.004.1

Dimo, P., Groza, L., Moraite, G. et *Cristea, H.* : **Amélioration de la sécurité dans l'exploitation des réseaux électriques à l'aide d'écrans de visualisation** (Rapport présenté à la CIGRE — 1970)

Les auteurs décrivent un dispositif de visualisation et les procédés employés pour l'analyse des régimes de fonctionnement du réseau roumain afin d'améliorer la sécurité et le réglage. On peut aussi obtenir des indications pour éviter les régimes instables ainsi que les informations nécessaires pour suivre le comportement du réseau actif et par simulation.

Energetica 19 (1971), no. 2, p. 53—57

CD 621.3.015.5:621.315.614.6:621.315.615.2

Moraru, D., Popescu, Gh., Stoica, M. et *Tănăsescu, Fl.* : **Détection des dégradations produites per déchargements partiels dans des systhèmes d'isolement papier—huile**

Energetica 19 (1971), no. 2, p. 58—63

Table des rapports présentés à la XXIII-ème session CIGRE

Energetica 19 (1971), no. 2, p. 63—66

CD 519.2 : 621.311.001.57

Buhuş, P. : **Une extension probabilistique des méthodes déterministes pour résoudre les réseaux électriques linéaires**

L'auteur propose une méthode probabilistique de calcul pour établir le spectre probable entier des régimes dans les soustations et les lignes d'un réseau électrique linéaire. La méthode est aussi applicable aux régimes non-symétriques ou non-linéaires.

Energetica 19 (1971), no. 2, p. 67—75

CD 621.311.22.004.13

Popa, T. : **Quelques considérations sur le fonctionnement des groupes turbo-alternateurs avec pression glissante**

L'auteur examine les caractéristiques de fonctionnement des groupes turbo-alternateurs avec pression glissante ainsi que les résultats des calculs faits pour constater l'influence du fonctionnement d'un groupe turbo-alternateur avec pression initiale constante ou glissante, du point de vue de la valeur nominale de cette pression, sur les différences de consommation spécifique de chaleur sous charge partielle de 50 %

Energetica 19 (1971), no. 2, p. 75—79

CD 621.175.3.001.2

Moţoiu, C. : **Le choix rationnel de la capacité et des caractéristiques des tours de réfrigération fonctionnant sous régime variable**

Relations de calcul nécessaires à la détermination de la capacité et des caractéristiques des tours de réfrigération pour centrales thermiques avec groupes de condensation et de production combinée chaleur/force.

Energetica 19 (1971), no. 2, p. 79—84

CD 621.181.632

Leca, A. : **Considérations sur l'utilisation de surfaces rugueuses pour améliorer les performances des échangeurs de chaleur**

Cet article énumère les conditions dans lesquelles les surfaces rugueuses d'échange de chaleur réalisent des performances supérieures en comparaison avec les surfaces lisses. Leurs performances sont examinées du point de vue de l'énergie et de l'exergie.

Energetica 19 (1971), no. 2, p. 85—89

CD 539.43:621.165

Istrate. I. : **Considérations sur le calcul de la fatigue des palettes des turbines**

Energetica 19 (1971), no. 2, p. 89—95

CD 621.311.1.004.57

Rothman, A. : **Le stade actuel de l'emploi des analyseurs de réseau à l'étranger**

L'auteur présente une série d'arguments en faveur de l'utilisation des analyseurs de réseau sous courant alternatif dans le stade présent du développement énergétique.

Energetica 19 (1971), no. 2, p. 95—99

CONTENTS

DC 621.311.1.004.1

Dimo, P., Groza, L., Moraite, G. and *Cristea, H.* : **Improving the safety of power system operation by means of visual screens** (Report submitted to the CIGRE, 1970)

The authors describe a visual screen and the methods used to analyse the operating conditions of the Romanian power system in view of improving safety and control. Indications may be obtained, useful for decision-making in view to avoid unstable conditions, as the necessary informations to follow the behaviour of the system during operation and in simulated conditions.

Energetica 19 (1971), no. 2, p. 53—57

DC 621.3.015.5 ;621.315.614.6:621.315.615.2

Moraru, D., Popescu, Gh., Stoica, M. and *Tănăsescu, Fl.* : **Detection of dammages made by partial discharges in paper-oil insulation systems**

Energetica 19 (1971), no. 2, p. 58—63

Index of the reports submitted to the XXIII-rd CIGRE session

Energetica 19 (1971), no. 2, p. 63—66

DC 519.2.621.311.001.57

Buhuş, P. : **A probabilistic expansion of deterministic method to solve linear power systems**

A probabilistic calculation method is proposed to establish the whole probable spectrum of conditions in the substations and lines of a linear power system. This method can also be applied to non-symmetrical or non-linear conditions.

Energetica 19 (1971), no. 2, p. 67—75

DC 621.311.22.004.13

Popa, T. : **Some considerations regarding the operation of turbogenerator sets under sliding pressure**

Here are examined the characteristics of the operation of turbogenerator sets with sliding pressure, as well as the results of calculations carried out by the author when investigating the influence exerted by the operation of a turbogenerator set under constant or sliding initial pressure, from the point of view of the rated figure of this pressure, on the differences of specific power consumption at a part load of 50 %.

Energetica 19 (1971), no. 2, p. 75—79

DC 621.175.3.001.2

Moţoiu, C. : **The rational choice of the capacity and characteristics of cooling towers operating in variable conditions**

Here are the necessary calculation relations to establish the capacity and characteristics of cooling towers for power stations equipped with condensation sets or combined heat/power units.

Energetica 19 (1971), no. 2, p. 79—84

DC 621.181.632

Leca, A. : **Considerations about the utilization of rugh surfaces to improve the efficiency of heat exchangers**

This article states the conditions under which rough heat exchanges surfaces achieve better performances as compared to smooth ones. Comparative efficiency is examined both from the energetic and exergetic points of view.

Energetica 19 (1971), no. 2, p. 85—89

DC 539.43: 621.165

Istrate, I. : **Consideration on the fatigue calculation of turbine blades**

Energetica 19 (1971), no. 2, p. 89—95

DC 621.311.001.57

Rothman, A. : **The present stage of the utilizing of network analysers abroad**

The author offers a series of arguments in favour of using a.c. network analysers at the present stage of the development of energy.

Energetica 19 (1971), no. 2, p. 95—99

Îmbunătăţirea siguranţei în exploatarea reţelelor electrice cu ajutorul consolelor de vizualizare*)

Dr. docent **P. Dimo**, dr. ing. **L. Groza**,
ing. **G. Moraite** şi ing. **H. Cristea****)

1. Privire de ansamblu asupra conceptelor şi procedeelor „analizei nodale" utilizate în noul procedeu de „vizualizare"

Reţeaua energetică este transformată într-un sistem simplu şi normalizat. Acest sistem redus poate fi caracterizat, pentru cercetător prin „vizualizare", de două figuri:

a) O schemă radială (*R*), echivalentă (*E*) pentru un nod cu restul reţelei şi independentă (*I*) de orice variabilă a sistemului, exceptînd pe cele reţinute în schema redusă. Nodul pentru care se determină schema *REI* apare cu identitatea sa adevărată.

b) O „imagine nodală", care este, de asemenea, un desen normalizat, constituit dintr-o reprezentare vectorială a curenţilor de scurtcircuit descompuşi pe surse în nodul central al schemei *REI* şi corespunzînd curentului real de scurtcircuit în nod.

Conceptele figurative menţionate sînt obţinute de cercetător pe cale cifrică, pentru orice nod al reţelei, în funcţie de necesităţile studiului (chiar şi pentru noduri fictive) [2]. Acest lucru permite efectuarea unei analize foarte fine, examinînd comportarea nodurilor prin simpla vizualizare a acestor două figuri, de unde şi numele de „analiză nodală". Aspectul figurilor dă indicaţii calitative şi chiar cantitative pentru toate problemele clasice ale reţelelor: stabilitate statică, dinamică, reglaj, pierderi, structuri [1], [3].

Cele două figuri geometrice pot fi obţinute la ora actuală direct pe ecranele de vizualizare ale calculatorului. În acest scop, în România se experimentează un dispozitiv periferic specializat [4], care conduce la o altă formă a dialogului om-maşină în cercetările prin simulare şi care oferă posibilitatea observării în timp real a comportamentului şi a siguranţei reţelei. Munca cercetătorului este astfel mult simplificată în reţelele mari şi complexe, devin posibile raţionamentul direct şi intuiţia, asociate cu calculul cifric. Cercetătorul obţine întotdeauna un model simplu şi normalizat, ale cărui indicaţii le-a asimilat, iar calculatorul îi va da toate informaţiile suplimentare, dacă acestea îi sînt necesare.

2. Preocupări actuale pentru examinarea comportării generatoarelor mari cu ajutorul diagramelor, în timp real

Informaţiile asupra funcţionării generatorului din punctul de vedere al puterii active şi reactive, al excitaţiei şi al stabilităţii (limita curentului capacitiv) sînt obţinute de obicei prin citirea unor aparate (wattmetre, varmetre, ampermetre etc.). În acelaşi timp au început să fie utilizate în exploatare aparatele de afişare a domeniului funcţionării, avînd la bază diagrama generatorului [6]. Figura 1 ilustrează o astfel de diagramă. Punctul de funcţionare O_n trebuie să se situeze în interiorul domeniului *ABNS*. Acest punct se obţine în timp real şi caracterizează astfel funcţionarea generatorului. Dacă acest punct se apropie de limite, pot fi citite, de asemenea, aparatele de măsură care dau valori mai exacte. Aceste limite se referă la următoarele mărimi: limitele excitaţiei, puterea turbinei, curentul statorului, limita de stabilitate (*AS*). Ultima mărime se evaluează de obicei din aproape în aproape, considerîndu-se o maşină echivalentă (reactanţă echivalentă a reţelei şi tensiune constantă). Această diagramă este utilizată numai pentru regimul permanent. Limita de stabilitate este dată de posibilităţile de absorbţie a puterii reactive. Diagrama poate să mai includă efectul reglajului şi limitele termice. Se poate observa că punctul O_n, legat cu un punct de origine *O*, indică, de asemenea, unghiul intern al maşinii faţă de tensiunea la bare. Dreapta OO_n corespunde vectorului reprezentativ al maşinii, utilizat în analiza nodală (linie întreruptă în figura 1). Acest unghi poate fi corelat cu unghiul rotoric, care poate fi măsurat direct. Pentru acesta din urmă se folosesc deseori limitatoare de unghi, care acoperă aproximativ limitele de stabilitate statică.

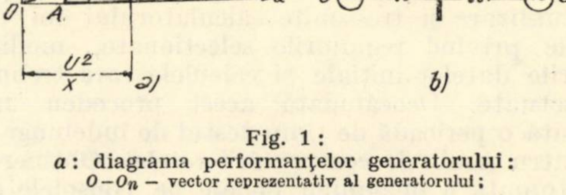


Fig. 1:
a: diagrama performanţelor generatorului:
$O-O_n$ — vector reprezentativ al generatorului;
b — schema echivalentă:
G — generator; *S* — reţea; *p*, *Q* — puterile active şi reactive.

Avantajele unor astfel de procedee constau în posibilitatea de a obţine prin simplă vizualizare o orientare rapidă, urmărind poziția punctului O_n în interiorul diagramei. În același timp mai pot fi introduse corecții în funcție de regimurile de referință pentru care s-a stabilit prima diagramă (de exemplu, pentru o altă mașină echivalentă corespunzînd unei alte stări a rețelei).

---

*) Acest material a fost publicat de CIGRE în limbile franceză şi engleză la sesiunea de la Paris din 24 august — 2 septembrie 1970. (Raportul 32—13).

**) Dr. docent Paul Dimo, membru corespondent al Academiei R.S.R., este consilier ştiinţific la ICENERG; dr. ing. Liviu Groza este director tehnic la ISPE; ing. George Moraite este inginer proiectant principal I la ISPE; dr. ing. Haralambie Cristea este cercetător principal la ICENERG.

Elementele suplimentare care ar putea completa această diagramă în timp real se referă la : starea rețelei, nivelul tensiunilor și limitele modificate, în special pentru stabilitate.

Acest aparat de afișare pentru studierea comportării unui generator poate fi considerat ca o introducere a ,,vizualizării'' referitoare la o singură mașină, cu o serie de aproximații privind influența rețelei.

Posibilitățile actuale oferite de calculatoarele cu care sînt dotate în general marile centrale, cît și experiența acumulată în domeniul calculelor pentru rețele prin metode mai expeditive (analiza nodală), dau elementele necesare pentru completarea procedeelor existente în ceea ce privește ,,vizualizarea'' comportării cu ajutorul consolelor și al ecranelor. În acest mod se poate ține seama mai exact de influența rețelei (grupurile mai apropiate, sarcinile etc.), menținîndu-se în același timp avantajele oferite de dispozitivele de afișare existente, și se pot generaliza diagramele numite ,,imagini nodale''. Trebuie adăugat că diagrama pentru o singură mașină constituie numai un caz particular simplu al imaginii nodale.

3. Posibilități lărgite de vizualizare pentru studiul comportării și siguranței rețelei. (Experiența dobîndită în România prin asocierea imaginilor nodale cu calculul cifric)

Pentru problemele privind stabilitatea statică, stabilitatea dinamică (inclusiv alegerea regimurilor periculoase din acest punct de vedere) și reglajul tensiunii, în România s-au utilizat pe scară largă schemele *REI* și imaginile nodale asociate acestor scheme.

Elementele componente ale schemelor *REI* sînt furnizate de calculator. În prezent imaginile nodale sînt încă trasate de către desenatori. Cercetătorul analizează imaginile prin simplă vizualizare și transmite calculatorului noi ordine privind regimurile selecționate, modificările datelor inițiale și calculele care trebuie efectuate. Deocamdată acest procedeu necesită o perioadă de timp destul de îndelungată pentru analizele comportării rețelei. Obținerea automată a imaginilor nodale pe consolele de vizualizare atașate calculatorului va permite însă o scădere spectaculoasă a efortului cercetătorului sau al operatorului pentru acest tip de analiză, precum și pentru analizele în ,,timp real''.

Imaginile nodale furnizează nu numai informațiile obținute cu ajutorul diagramei descrise, ci și informații suplimetare privind comportarea rețelei în regimuri staționare și dinamice simulate. În acest scop, în România se experimentează un dispozitiv (descris în capitolul următor) conectat la calculatorul unei mari centrale termoelectrice, care să poată furniza o imagine nodală a nodului respectiv.

În ceea ce privește utilizarea imaginilor nodale în studiile comportării rețelei, amintim următoarele considerații [2], [5] :

— În analiza regimurilor dinamice ale rețelei, studiul primei oscilații este cel mai important pentru aprecierea stabilității. Analiza proceselor dinamice după prima oscilație este efectuată în mare măsură prin aproximarea datelor inițiale, care practic nu sînt niciodată cunoscute în detaliu (de exemplu, caracteristicile dinamice ale consumatorilor, parametrii reglajului tensiunii și vitezei etc.), dar care influențează puțin prima oscilație. Același lucru este valabil pentru aprecierea posibilităților de reluare a sincronismului mașinilor (după scurtcircuite eliminate tîrziu din rețea), fiind suficient, conform studiilor noastre, să analizăm stabilitatea statică pentru regimurile ce urmează unui defect.

— Analiza nodală, utilizînd schemele *REI* (fig. 2) și imaginile nodale [1], [2], [3], permite atît studiul sistematic al acestui tip de probleme, cît și selecționarea regimurilor periculoase care favorizează extinderea efectelor incidentelor.

— Pentru studiul general al comportării rețelelor, cît și pentru operațiile de ,,dispecing'' în timp real, este necesar să analizăm în primul rînd imaginile nodale care se referă la barele colectoare ale marilor centrale (fig. 2, imagini ale nodurilor 1—5, extrase dintr-un studiu al rețelelor din România).

— Pentru siguranța în funcționare a mașinilor mari dintr-o centrală, din punctul de vedere al stabilității, este suficient să analizăm o imagine nodală simplificată, în care să se reprezinte în detaliu numai vectorii aferenți mașinilor locale (fig. 2, vectorii $O - O_i$) și un vector ($O_i - O_n$), sau mai mulți vectori pentru generatoarele echivalente din restul rețelei. Considerarea unui singur vector pentru rețeaua echivalentă este satisfăcătoare pentru situațiile în care generatoarele din sistem nu influențează sensibil condițiile de stabilitate ale mașinilor locale.

Vectorii $O - O_i - O_n$ se referă la un regim normal de funcționare, vectorii $O - O_i' - O_n'$ la un regim următor unui defect, în timp ce vectorii $O - O_i'' - O_n''$ corespund momentului de eliminare a unui defect trifazat într-un nod analizat. Această ultimă imagine poate fi ușor obținută prin calculul numeric și furnizează informații asupra deplasărilor unghiulare ale rotoarelor.

Vizualizarea imaginii permite o apreciere a stabilității dinamice în situația considerată, în funcție de unghiurile relative ale vectorilor asociați fiecărei mașini (i) și de vectorul echivalent al rețelei ($O_i - O_n$) [5].

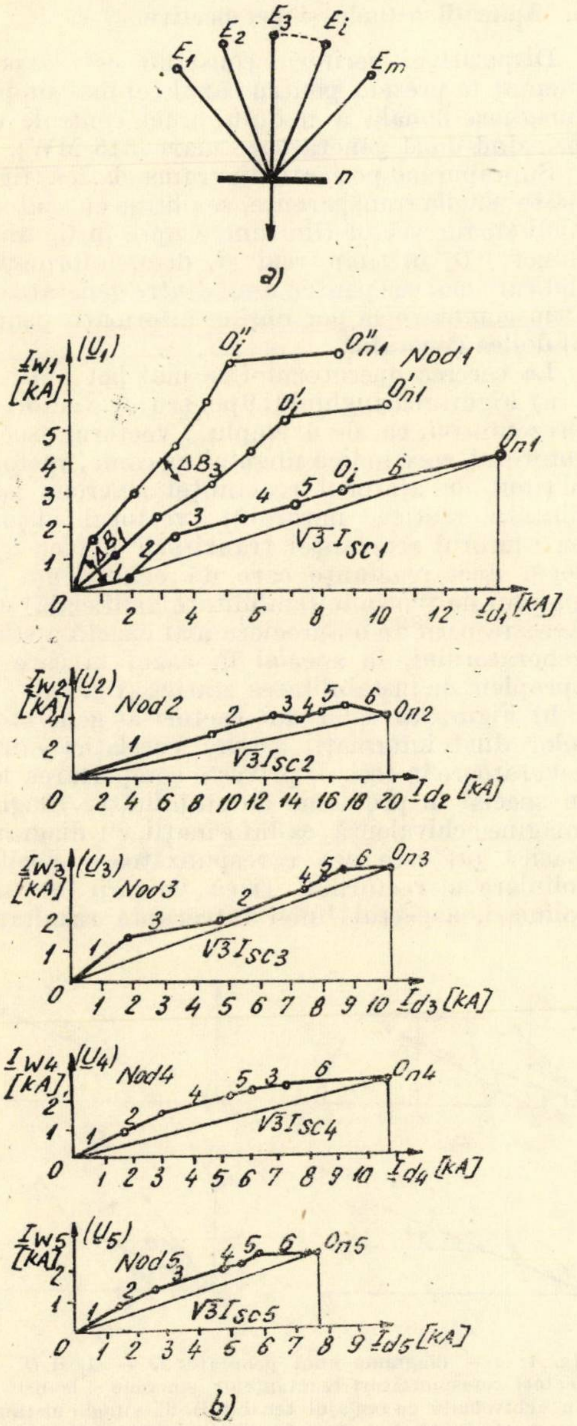


Fig. 2. Imagini nodale extrase dintr-un studiu elaborat de ISPE București, privind rețeaua română de 220 și 400 kV:

a – schema *REI* obținută după reducerea rețelei echivalente; b – imagini nodale pentru cinci noduri importante din rețea (I_w și I_c sînt componentele active și reactive ale curentului injectat în schema *REI*). În imaginea nodului: $O - O_i - O_n$ este regimul inițial; $O - O_i' - O_n'$ este regimul care urmează unui defect, iar $O - O_i'' - O_n''$ este regimul corespunzător momentului de eliminare a unui defect trifazat în apropierea nodului 1.

Deci, se poate constata prin „vizualizare”, într-un mod simplu, dacă regimul dinamic respectiv este instabil și care sînt cauzele instabilității.

În ceea ce privește stabilitatea statică, condițiile respective pot fi, de asemenea, apreciate, examinînd unghiurile vectorilor imaginii nodale [1], [2].

Concluziile calculelor aprofundate prin analiza regimurilor staționare succesiv degradate [1] au arătat că există o corelație directă între unghiurile vectorilor corespunzînd regimului inițial de funcționare și rezerva de stabilitate statică verificată de criteriile $\mathrm{d}Q/\mathrm{d}U = 0$, sau $\mathrm{d}P/\mathrm{d}\delta = 0$. În general, dacă unghiurile vectorilor respectivi nu depășesc 50 – 60°, cu condiția ca unghiul vectorului rezultant $O - O_n$ să rămînă sub 40°, regimul prezintă o rezervă de stabilitate statică satisfăcătoare.

Vectorii coliniari reprezintă situația optimă pentru stabilitatea statică. În acest ultim caz unghiul-limită rezultant este de 45°.

Pot fi stabilite corelații suplimentare între informațiile obținute din imaginile nodale și condițiile de stabilitate statică și dinamică, pe baza unor calcule complexe (considerînd influența reglajelor) și a unor încercări efectuate în rețea.

Pentru regimurile critice care rezultă din vizualizarea imaginilor nodale în timp real pot fi luate decizii asupra celor mai eficace căi pentru ameliorarea siguranței în funcționare a rețelei, ca, de exemplu: creșterea puterii reactive debitată de unele mașini, modificarea nivelului de tensiune în rețeaua de înaltă tensiune, un reglaj convenabil al dispozitivelor de secționare a rețelei și al automatizărilor de descărcare etc.

4. Dispozitiv periferic specializat prevăzut cu o consolă de vizualizare

În cele ce urmează se prezintă principiul dispozitivului periferic specializat [4] construit în România, cu ajutorul căruia pot fi vizualizate figurile reprezentative ce caracterizează comportarea rețelei electrice (imagini nodale). Este alcătuit (fig. 3a) din următoarele elemente: *1* — sistem de comandă; *2* — registre de coordonate curente; *3* — convertizor numeric-analogic; *4* — consolă de calcul analogic; *5* — consolă de editare a imaginii reprezentative; *6* — consolă de vizualizare cu tub catodic.

Dispozitivul specializat, ca și instalația periferică atașată la un calculator, este conectat prin intermediul unei memorii-tampon*), care are rolul de a primi și depozita toate informațiile necesare pentru afișarea imaginilor nodale astfel, încît operațiile următoare să poată fi executate independent de funcționarea calculatorului numeric. Această soluție are două avantaje: reduce volumul de calcul și lasă în sarcina dispozitivului reprezentarea şi menţinerea imaginii pe ecran.

---

*) Memoria-tampon poate fi cuprinsă chiar în memoria calculatorului de proces.

Cu valorile numerice care reprezintă coordonatele vectorilor stocaţi în memoria-tampon se reface calculul numai dacă mărimile suferă devieri, depăşind valori fixate. Prin acest program funcţiile principale ale calculatorului numeric sînt foarte puţin afectate.

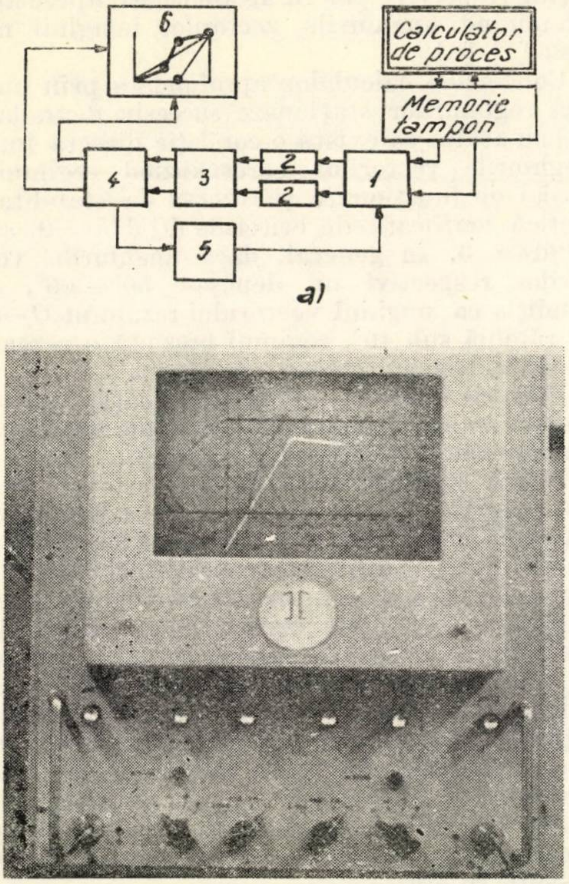


Fig. 3 : *a* — schema dispozitivului de vizualizare ; *b* — ecran-imagine pentru două maşini.

Cu dispozitivul realizat, aflat în curs de experimentare, poate fi vizualizată o imagine reprezentativă alcătuită din zece segmente de dreaptă. Programarea configuraţiei imaginii reprezentative vizualizate este efectuată de operator. S-a prevăzut posibilitatea de a se cere, cu ajutorul unei console exterioare, vizualizarea imaginilor reprezentative pentru regimuri-limită simulate de funcţionare a sistemului electroenergetic.

Aceste imagini sînt suprapuse, pentru un interval de timp, peste cele vizualizate în timp real. În afara imaginilor reprezentative pentru regimurile staţionare, marea remanenţă a stratului iconoscopic al tubului catodic permite vizualizarea imaginilor dinamizate, reprezentînd regimurile simulate ale reţelei. Pe viitor, dispozitivul va putea fi adaptat în vederea asocierii valorilor numerice cu imaginile reprezentative vizualizate. Aceste valori numerice reprezintă indicii care caracterizează regimurile de funcţionare a reţelei [3] (de exemplu, derivata dQ/dU cu componente care caracterizează stabilitatea statică şi influenţa fiecărei maşini).

5. Aplicaţii actuale şi perspective

Dispozitivul periferic construit este experimentat în prezent pentru cazul cel mai simplu, imaginea nodală a nodului unei centrale cuprinzînd două generatoare mari (315 MW).

Suprapunînd pe ecran diagrama clasică (fig.1) peste plăcile transparente, se obţine cu ajutorul unui singur vector (linii întrerupte în figura 1) punctul O_n în timp real şi, deci, informaţiile indicate mai sus pentru unul dintre generatoare. Prin comutare se pot obţine informaţii pentru al doilea generator.

La cererea operatorului se mai pot obţine :

a) Figurarea unghiului θ pentru alţi vectori reprezentativi, ca, de exemplu : vectorul asociat rotorului, care indică unghiul mecanic, vectorul obţinut cu ajutorul reactanţei sincrone (stabilitate statică naturală), vectorul obţinut cu ajutorul reactanţei tranzitorii sau cu ajutorul unei reactanţe care dă echivalenţa reglajului de tensiune (stabilitate artificială) etc. Aceasta permite o apreciere mai exactă a stării generatorului, în special în cazul în care ne apropiem de instabilitatea statică (fig. 4*a*).

b) Figurarea celor doi vectori ai generatoarelor dînd informaţii asupra corelaţiei dintre generatoare în ceea ce priveşte comportarea lor, în special în probleme de stabilitate. Singura imagine echivalentă, ca informaţii, cu diagrama clasică (*a*) este cea corespunzătoare poziţiei coliniare a vectorilor. Dacă vectorii nu sînt coliniari, aspectul liniei întrerupte rezultante

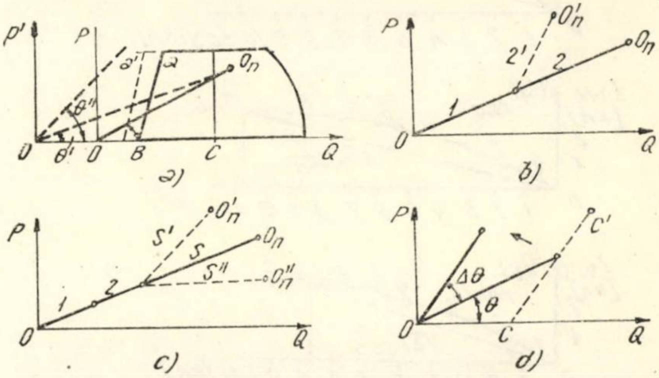


Fig. 4: *a* — diagrama unui generator $O - O_n$ şi $O'-O_n$ (vectori corespunzători reactanţelor sincrone şi tranzitorii sau echivalenţă cu reglajul tensiunii). θ''—unghi mecanic; *b* — vectori coliniari 1 şi 2 pentru care diagrama din figura 1 este exactă. În cazul vectorului 2', diagrama *a* dă rezultate optimiste pentru generatorul 1; *c* — *S* este vector echivalent pentru sistem. Diagrama *a* este exactă pentru cazul poziţiei coliniare $O-O_n$. În cazurile: $O-O'_n$ diagrama *a* este optimistă; $O-O''_n$, diagrama *a* este pesimistă; *d*—regim dinamic. Unghiul Δθ maximal al primei oscilaţii: $C-C'$ curent iniţial în cazul unui scurtcircuit trifazat.

(fig. 4*b*) poate adesea să indice prin aspectul său stări periculoase [2]. (Coliniaritatea este obținută dacă generatoarele au aceeași sarcină relativă și caracteristici apropiate exprimate în mărime relativă.)

c) Figurarea unui al treilea vector, reprezentativ pentru restul rețelei. Acest ultim vector poate fi descompus în vectori componenți reprezentativi pentru centralele apropiate de nodul centralei. Centralele sînt cele care pot să influențeze posibilitățile de reglaj, de stabilitate etc., pentru cele două generatoare. Obținem astfel „vizualizarea" stării generatoarelor și corelarea cu restul rețelei. Această imagine este deosebit de interesantă dacă punctul O_n pentru unul din generatoare (fig. 1) se află în apropierea dreptei-limită de stabilitate (fig. 4*c*). Se mai poate obține o a doua serie de informații, tot la cererea operatorului, asupra „stărilor dinamice simulate", plecînd de la regimul real.

d) Figurarea efectului primei oscilații a rotorului în cazul unui incident (scurtcircuit eliminat) (fig. 4*d*). Dacă regimul dinamic este instabil, vectorul reprezentativ se rotește pe imagine fără a se limita la un unghi maximal, așa cum este cazul din figura 4*d*.

e) Figurarea curentului statoric inițial maximal în cazul unui scurtcircuit în nod (fig. 4*d*, linii întrerupte), dacă acest lucru prezintă un interes deosebit în cazul instalațiilor care au atins limita.

f) Efectul primei oscilații în regimuri dinamice survenite în alte ipoteze de funcționare decît cea considerată mai sus. Aceasta are ca scop selecționarea cazurilor periculoase. Simularea poate fi făcută referitor atît la cele două generatoare, cît și la echivalentul pentru sistem (cei trei vectori; vezi punctul *c* și figura 5).

Această primă etapă experimentală, care a fost depășită în momentul de față, ne va permite să ne dăm seama de posibilitatea de „vizualizare" a comportării, în timp real sau prin simulare, a oricărui nod din rețea și să stabilim detaliile necesare în ceea ce privește :

— numărul vectorilor la care trebuie să ne oprim în practică în rețeaua noastră;

— informațiile cele mai interesante care pot fi obținute și posibilitățile de măsurare și transmisie ale rețelei noastre pentru a furniza datele necesare în timp real (sau prin simulare);

— posibilitățile de introducere a acestor dispozitive la dispecer și de „vizualizare" din acest punct central a comportării nodurilor importante ale rețelei, sau de introducere a unui dialog prin simularea unor regimuri ipotetice, necesare previziunilor [5];

— posibilitățile de a reprezenta și nodurile fictive (nodul sarcinii unice, de exemplu) care pot să caracterizeze un regim în ansamblu [1], [2].

Rezultatele obținute în dialogul „om-mașină" în prima etapă de studiu, aflată în curs de desfășurare în România, în care se obțin imagini trasate de desenatori (vezi paragraful 3), cît și primele rezultate obținute cu ajutorul dispozitivului construit, ne permit să afirmăm că această nouă soluție simplifică în mod esențial munca cercetătorului sau a exploatării. Se pot adăuga elemente noi calculului numeric, de o mare eficacitate pentru raționamentul direct și pentru idei noi sugerate de concepte figurative simple și intuitive.

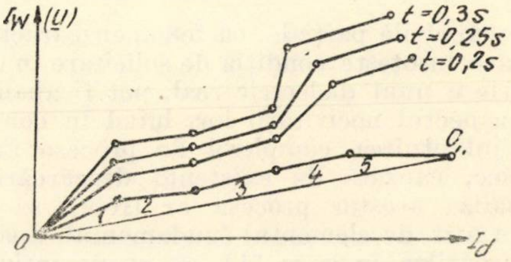


Fig. 5. Vizualizarea unui regim dinamic. Generatorul 4 este cauza instabilității.

Autorii doresc să mulțumească, pe această cale, Institutului energetic al Academiei, care a construit în laboratoarele sale dispozitivul experimental, precum și instituțiilor aparținînd de Ministerul Energiei Electrice (ISPE, ICENERG, CET Craiova), care au contribuit la introducerea acestor noi metode și au înlesnit prezentarea lucrării de față.

Bibliografie

[1] Dimo, P. *Cele două concepte figurative ale analizei nodale.* R.G.E., ianuarie (nr. 1) 1967, p. 85—97.

[2] Dimo, P. *Analiza nodală* (în limba română). Editura Academiei R.S.R., p. 626, 1968.

[3] Dimo, P., Groza, L., Ionescu, S. și Moraite, G. *Analiza unitară numerică a sistemelor energetice prin vizualizarea imaginii nodale.* Rev. Roum. Sci. Techn. Electr. et Energ. Academia R.S.R., nr. 1, 1969.

[4] Dimo, Paul și Dimo, Petre. *Instalație destinată analizei automate a sistemelor electroenergetice.* Certificat de autor OSI—50537/29.04.1966.

[5] Moraite, G. *Selecția regimurilor dinamice „periculoase" folosind analiza nodală „Dimo".* Rev. Roum. Sci. Techn. Electr. et Energ., nr. 2, 1966, p. 205—216.

[6] Chorlton, A. *Comparația metodelor de studiere a stabilității.* Com. de studii nr. 32, Philadelphia, 1969.

(Articol intrat în redacție la 30 octombrie 1970)

◆

Detectarea degradărilor produse de descărcările parțiale în sistemele de izolație hîrtie-ulei[*)]

D. Moraru, Ch. Popescu,
M. Stoica, Fl. Tănăsescu[**)]

Descărcările parțiale, ca fenomen caracteristic care însoțește condiția de solicitare în cîmp electric a unui dielectric real, pot fi analizate sub aspectul nocivității lor, luînd în considerare înlănțuirea complexă de procese fizico-chimice, cauzată de existența descărcărilor.

Analiza acestor procese ar trebui să țină seama atît de elementul fundamental, apariția descărcărilor în gaze [1], cît și de influența reciprocă dintre descărcare și materialul limitrof spațiului de gaz în care aceasta are loc, avîndu-se în vedere stabilirea în final a unor concluzii cu privire la modificarea proprietăților dielectricului sub acțiunea descărcărilor.

Dificultatea unui studiu complet al fenomenului, pornind de la elementul inițial pînă la efectul final, rezidă în special în faptul că procesele intermediare nu sînt determinate unul față de altul într-o succesiune directă, ci se condiționează reciproc, fapt ce determină greutatea, de cele mai multe ori chiar imposibilitatea, de a separa într-un punct, la un moment dat, cauza de efect.

Sub aspect tehnic, o rezolvare a problemei în toate amănuntele ei, pe lîngă dificultățile insurmontabile pe care le ridică, este lipsită de un interes practic deosebit; acest fapt determină concentrarea atenției cercetătorilor asupra definirii nocivității descărcărilor parțiale, prin exprimarea schimbărilor cauzate de acestea în structura fizico-chimică a materialelor asupra cărora acționează, fără a fi obligatorie examinarea mecanismului intim care are loc în material în timpul procesului de degradare.

Unul dintre criteriile de apreciere a nocivității descărcărilor parțiale legate de elementele indicate mai sus este acela, indirect, de a urmări relația dintre intensitatea descărcărilor parțiale și viteza de degajare a hidrogenului din materialul considerat. Acest criteriu, propus în literatura de specialitate [2], a fost verificat experimental foarte riguros, fiind extins la o clasă foarte importantă de materiale electroizolante, și anume la dielectricii macromoleculari.

În cele ce urmează se propune verificarea prezenței unei legături între intensitatea descărcărilor parțiale existente într-o schemă de izolație hîrtie-ulei și viteza cu care se degajă hidrogenul în situația arătată. Verificarea prezintă interes nu numai din cauză că ar constitui o extindere a criteriului descris mai sus în cazul unui izolant compus conținînd hidrogen în structura ambelor sale componente, ci mai ales pentru faptul că, în cazul acestei scheme, degajarea de hidrogen poate da o imagine clară asupra schimbărilor de proprietăți fizico-chimice.

1. Instalația experimentală

Pentru a rezolva problema determinării unei legături între gradul de descompunere a izolației, măsurat prin cantitatea de gaze degajate și nivelul descărcărilor parțiale, a fost necesară solicitarea în cîmp electric a unui strat de izolație hîrtie-ulei, într-o incintă închisă, care să permită măsurarea presiunii gazelor și analiza lor și care constructiv să fie realizată astfel, încît să nu facă posibilă apariția unor descărcări parazite.

Pornind de la aceste condiții, s-a elaborat celula experimentală prezentată schematic în figura 1, avînd un volum de circa 400 cm^3. Celula este prevăzută cu închideri etanșe, șlefuite, permițînd experimentări atît la presiunea atmosferei, cît și la presiuni de ordinul cîtorva torr. Electrodul de înaltă tensiune, de tip Rogowski, asigură o presiune asupra probei de circa 1 g/cm^2. S-a evitat prin aceasta apariția unor efecte parazite ce însoțesc cîmpurile neuniforme (efect mecanic [3]), care ar fi complicat fenomenul, putînd afecta reproductibilitatea măsurărilor.

Pentru măsurarea presiunii s-a prevăzut un manometru cu ulei, deschis în cazul experimentărilor la presiune atmosferică și închis în cazul celor la presiuni scăzute.

Schema de izolație studiată a fost stabilită în cadrul unui program mai larg de lucrări privind izolația transformatoarelor [4]; izolația a fost constituită din trei straturi de hîrtie de 0,12 mm, impregnată cu ulei de transformator, considerîndu-se că aceste elemente pot fi reprezentative pentru categoria de izolații hîrtie-ulei.

Analiza gazelor din celulă, rezultate în urma acțiunii în timp a descărcărilor parțiale asupra izolației hîrtie-ulei, a fost efectuată cu un analizor cromatografic construit la I.C.P.E. în acest scop. Analizorul folosește drept gaz purtător aerul, separarea gazelor avînd loc într-o coloană de cărbune activ, iar detecția realizîndu-se cu o celulă cu filament incandescent montată într-o schemă de punte.

Prin construcția lui, analizorul permite determinarea cu sensibilitate maximă a hidrogenului, care, fiind principalul produs de descompunere a hîrtiei impregnate cu ulei solici-

---

[*)] Acest material a fost prezentat la cea de-a 23-a sesiune CIGRE (Raportul 15—05).

[**)] Autorii lucrează la I.C.P.E.: fiz. Doina Moraru este cercetător principal III, ing. Chiril Popescu este director adjunct științific, ing. Murmur Stoica este șef laborator, iar ing. Florin Tănăsescu este director.

tată de descărcări parțiale, a fost ales drept criteriu de degradare. În afară de hidrogen, care poate fi determinat în proporție (volum)de 0,003%, analizorul cromatografic construit de noi mai permite determinarea oxidului de carbon

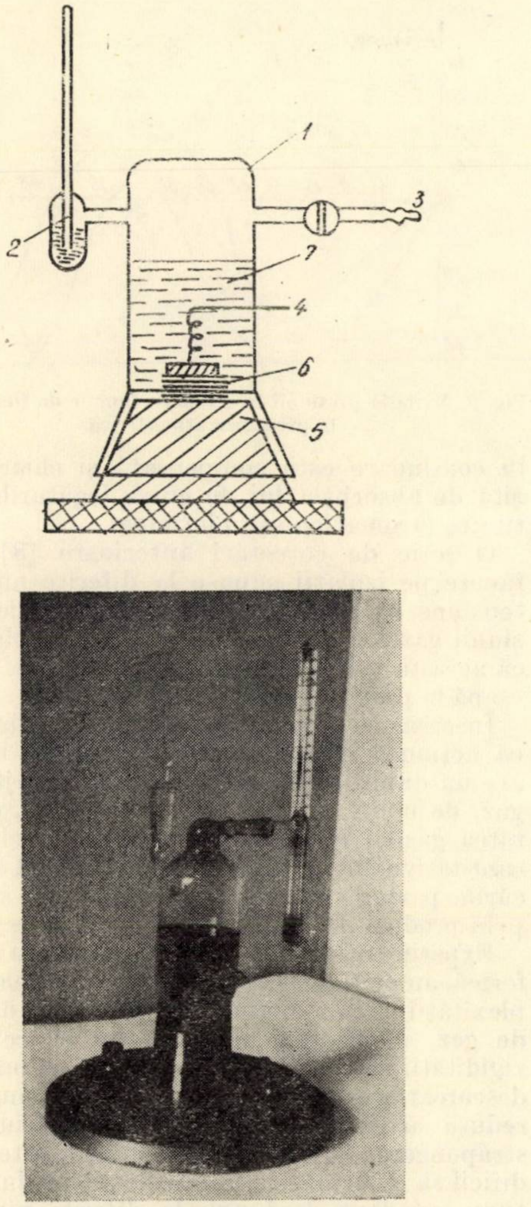


Fig. 1 :
Celula experimentală (schemă și fotografie):
1 – corp de sticlă; 2 – manometru cu ulei; 3 – ștuț pentru prelevarea probelor de gaz; 4 – electrod de înaltă tensiune; 5 – electrod de joasă tensiune; 6 – strat de hîrtie-ulei; 7 – ulei.

și a gazului metan în proporție de 0,03%, precum și a oxigenului (1%).

Pentru caracterizarea nocivității descărcărilor parțiale este necesară, pe lîngă stabilirea gradului de descompunere a izolației, determinarea nivelului descărcărilor. Acest lucru a fost realizat în cazul nostru cu ajutorul schemei din figura 2, urmărindu-se evoluția valorilor medii ale impulsurilor de descărcare cu un măsurător de perturbații radiofonice tip MP–4 [5] al firmei TELEC. Consemnarea rezultatelor s-a făcut în unități de sarcină în urma etalonării schemei executate, conform recomandărilor CEI [6].

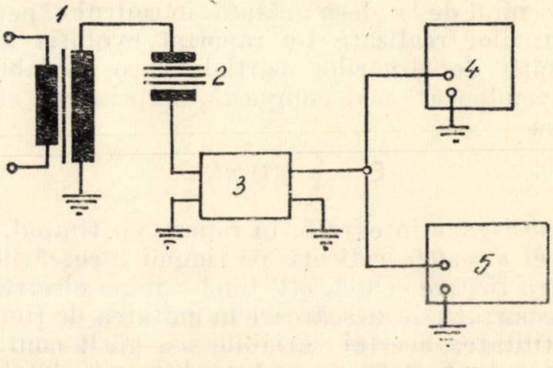


Fig. 2. Schema instalației de măsurare a descărcărilor parțiale:
1 – transformator de înaltă tensiune; 2 – celulă de încercare; 3 – circuit de detecție și adaptare.

2. Desfășurarea experimentărilor

2.1. *Condiții generale*

Pentru ca experimentările să se desfășoare în condiții controlabile, probele au fost tratate în modul următor : după o uscare a hîrtiei la 105°C, timp de 8 ore, a urmat impregnarea cu ulei în condiții de vid, la temperatura camerei, direct în celulă. După terminarea operației de impregnare, fiecare celulă a fost adusă la regimul de presiune dorit prin introducerea de aer uscat și lăsată apoi o perioadă de 24 ore în vederea stabilirii echilibrului aer-ulei.

În timpul probelor, măsurătorile de presiune s-au făcut la intervale regulate de timp, a căror durată a fost stabilită în fiecare caz în parte în funcție de regimul de lucru.

Prelevarea probelor pentru analiza cromatografică a coincis cu scoaterea definitivă a celulei respective de sub tensiune, deoarece această operație perturba regimul de presiune din celulă.

În ceea ce privește măsurarea descărcărilor parțiale, s-a urmărit, într-o etapă preliminară a încercărilor, o serie de probleme referitoare la etalonarea schemei, existența descărcărilor parazite, uniformitatea probelor și a celulelor etc. Cu această ocazie s-a constatat că, deși executate în condiții similare, atît probele cît și celulele nu aveau caracteristici similare, ceea ce s-a putut constata prin înregistrarea unor nivele de descărcări diferite pentru condiții similare de lucru. O altă observație importantă, făcută cu această ocazie, a fost și aceea că, pentru fiecare caz în parte, nivelul descărcărilor a variat în timp.

Avînd în vedere elementele variabile enumerate, precum și faptul că descărcările parțiale produc o serie de transformări ireversibile care se cumulează în timp, s-a confirmat concluzia unei lucrări anterioare, şi anume că raportarea nocivităţii descărcărilor parţiale, oricare ar fi exprimarea acesteia, făcută în raport numai cu nivelul descărcărilor, nu este suficientă dacă nu se ţine seamă de timpul de acţiune al acestora [7].

Pornind de la ideea arătată, în cadrul experimentărilor realizate s-a raportat evoluţia nocivităţii descărcărilor parţiale la o variabilă independentă*) mai complexă, exprimată sub forma

$$\xi = \int_0^t q(t)\;dt,$$

definită ca o integrală, în raport cu timpul, a curbei $q = f(t)$, ridicată pe timpul încercărilor pentru fiecare celulă, $q(t)$ fiind sarcina electrică transportată de descărcare în unitatea de timp. Utilitatea acestei variabile şi-a găsit confirmarea deplină în cursul prelucrării datelor experimentale, folosirea ei permiţînd să se opereze simplu, cu rezultate obţinute în celule diferite, chiar dacă timpii de expunere sub tensiune erau diferiţi.

Pentru a se crea posibilitatea unei prelucrări statistice a rezultatelor, toate încercările s-au făcut simultan pe cinci celule aflate în aceleaşi condiţii de solicitare.

3. Încercări

3.1. *Încercări la presiunea atmosferică*

Într-o primă etapă, experimentările au urmărit degajarea gazelor din izolaţia hîrtie-ulei sub acţiunea cîmpului electric, în aer la presiunea atmosferică.

Urmărirea variaţiei în timp, pe o perioadă de 50 de ore, a presiunii în cinci celule, în care izolaţia de 3 × 0,12 mm hîrtie impregnată a fost supusă unui gradient de tensiune de 2,3 kV/mm, a pus în evidenţă (fig. 3) existenţa a trei etape : în primele ore se observă o scădere a presiunii, urmată de o creştere şi, în final, de o nouă scădere a presiunii. Determinări cromatografice au pus în evidenţă prezenţa hidrogenului şi scăderea conţinutului de oxigen din celulă. Aceste constatări verifică şi extind la izolaţii compuse observaţiile altor autori făcute asupra uleiului de condensator [8]. Explicaţia acestei comportări neuniforme în timp poate fi făcută pe baza proceselor de degajare-absorbţie de gaz caracterizînd uleiurile minerale supuse acţiunii cîmpului electric în diferite atmosfere gazoase [9] : în prima fază are loc o absorbţie puternică a oxigenului din aer (care participă la reacţii de oxidare), absorbţie care domină degajarea de gaze rezultate din descompunerea hidrocarburilor ; în a doua fază, într-o atmosferă predominată de azot, degajarea hidrogenului şi a altor hidrocarburi gazoase rezultate din ruperea legăturilor C-H şi C-C este mai puternică decît absorbţia ; după un timp atmosfera din incintă se îmbogăţeşte în hidrogen în aşa măsură, încît degajarea acestuia în continuare este compensată şi chiar depăşită de absorbţia lui de către legăturile nesaturate (aromatice sau olefinice).

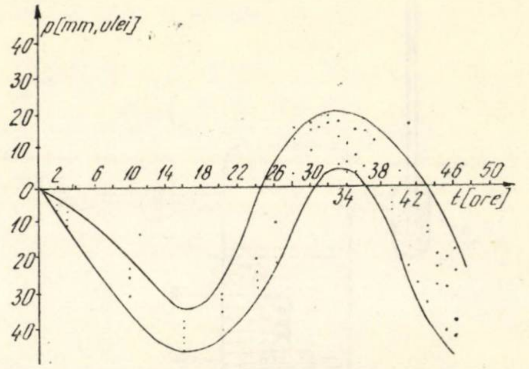


Fig. 3. Variaţia presiunii în celule în funcţie de timp, în aer la presiunea atmosferică.

O serie de cercetări anterioare [8], [10], făcute pe izolaţii supuse la diferite nivele de tensiune, au arătat că viteza de variaţie a presiunii gazelor depinde de tensiunea aplicată şi că această variaţie trebuie raportată la fiecare etapă în parte.

Încercările descrise mai sus au arătat, deci, că acţiunea cîmpului electric asupra izolaţiei are un dublu efect : absorbţia şi degajarea de gaz, de unde rezultă, ca o consecinţă, dificultatea găsirii în această situaţie a unei relaţii cantitative între mărimi caracterizînd descărcările parţiale şi degradarea izolaţiei studiate prin produşi de descompunere gazoşi.

Experimentările în aer, la presiunea atmosferică, au de făcut faţă atît dezavantajelor complexităţii fenomenului de absorbţie-degajare de gaz, menţionat mai sus, cît şi celor ale rigidităţii mari a uleiului, care face ca pragul de descărcări parţiale într-o izolaţie cu umiditate redusă să fie foarte aproape de tensiunea de străpungere; or, în aceste condiţii, este foarte dificil să se urmărească o izolaţie, pe durate de timp suficient de lungi, la diferite nivele de descărcări parţiale.

2.2. *Încercări la presiuni reduse*

Dificultăţiie arătate mai sus pot fi ameliorate în principiu prin reducerea presiunii în incinta de lucru. Din punctul de vedere al absorbţiei de oxigen, este evident că scăderea presiunii determină diminuarea ei, putîndu-se ajunge chiar la eliminarea primei etape a evoluţiei în timp descrise anterior. În ceea ce priveşte rigiditatea uleiului, literatura indică existenţa unui minim pentru această mărime la presiuni de 2—4 torr [11].

---

*) În toate lucrările publicate de autori pe această temă variabila $\int_0^t q(t)\,dt$ este notată cu ζ, spre deosebire de notaţia folosită în acest articol.

În concluzie, pentru experimentările întreprinse s-a ales ca parametru de lucru tocmai această presiune corespunzînd rigidității minime a uleiului, considerîndu-se că ea este totodată suficient de scăzută pentru a se neglija absorbția de gaz.

Încercările la presiuni scăzute s-au făcut tot cu straturi de hîrtie impregnată de 3 × 0,12 mm, la presiuni de 3—4 torr ; pragul de descărcare a variat în toate cazurile în jur de 7 kV/mm.

Izolația fiind supusă în mai multe celule la diferiți gradienți de tensiune superiori celui de prag, măsurătorile au fost executate la intervale regulate de timp, durata lor fiind determinată de viteza de degajare a gazelor. În acest fel au fost determinate : nivelul descărcărilor, presiunea în celulă și compoziția gazelor, aceasta din urmă fiind stabilită prin cromatografiere la sfîrșitul perioadei de încercare.

O primă constatare a constituit-o faptul că, la același gradient de tensiune, nivelul de descărcări poate fi diferit de la o celulă la alta, atît ca valoare inițială, cît și ca evoluție în timp.

Măsurători simultane pe cinci celule, la același gradient de tensiune, au arătat că presiunea în celulă variază liniar cu nivelul descărcărilor parțiale integrat în timp. Curbele din figura 4 au fost trasate prin măsurători de presiune și nivel de descărcări făcute la intervale de 24 ore, pe celule supuse unui gradient de 8 kV/mm timp de 300 ore.

Deși există o variație a nivelului de descărcări parțiale atît ca valoare inițială, cît și ca evoluție în timp, prin raportarea fenomenelor la variabila independentă se obțin caracteristici riguros liniare pentru presiune, panta caracteristicilor ridicate pentru celulele diferite fiind aceeași.

Aceleași măsurători au fost repetate pentru diferiți gradienți de tensiune. Deoarece sarcina aparentă măsurată în diferite momente de timp crește cu tensiunea aplicată, aceeași valoare a variabilei ξ a corespuns unor durate de încercare, scăzînd cu tensiunea aplicată. Măsurătorile au arătat că panta caracteristicilor depinde liniar de tensiunea aplicată. În figura 5 sînt reprezentate curbele de variație ale presiunii pentru tensiuni de încercare diferite. Pentru simplificare, în ordonată s-a înscris diferența Δp între presiunea în momentul măsurătorii și cea inițială ; de asemenea, pentru fiecare dintre tensiuni s-a figurat numai curba ridicată pentru una din celule, deși s-au făcut măsurători în paralel pe cinci celule, deoarece — după cum s-a arătat — panta se conservă de la o celulă la alta. În figura 6 este reprezentată panta acestor caracteristici liniare funcție de tensiunea aplicată. Se poate admite că variația pantei este liniară în funcție de tensiune ; dreapta care o reprezintă taie abscisa la o valoare a tensiunii apropiată de valoarea medie de prag, ceea ce verifică implicit precizia măsurătorilor.

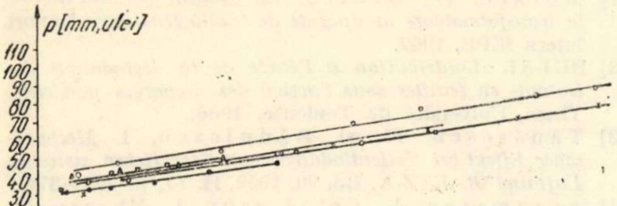


Fig. 4. Variația presiunii în celule în funcție de variabila ξ în atmosfera de aer, la presiuni de 2—3 torr : × — celula 1; ● — celula 2; △ — celula 3; □ — celula 4; ○ — celula 5;

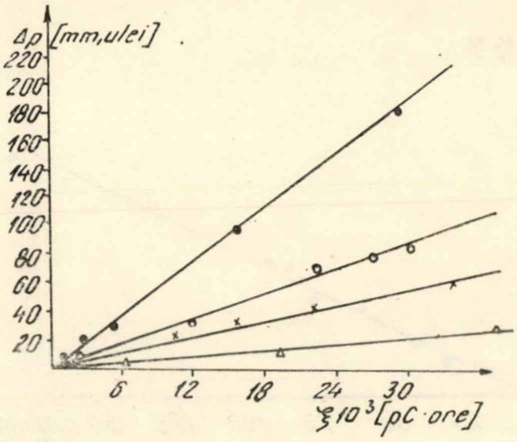


Fig. 5. Variația presiunii în celule în funcție de variabila în atmosferă de aer, la presiuni de 2—3 torr pentru diferite tensiuni : Δ = 2,7 kV ; × = 3,2 kV ; ○ = 4 kV ; ● = 5 kV.

Analizele cromatografice efectuate pe celule ținute la diferite nivele de tensiune au pus în evidență degajarea, în afară de hidrogen, a oxidului de carbon și a gazului metan în cantități de circa 10 ori și, respectiv, de 70—80 ori mai mici, situate în cele mai multe cazuri în zona de incertitudine a aparatului.

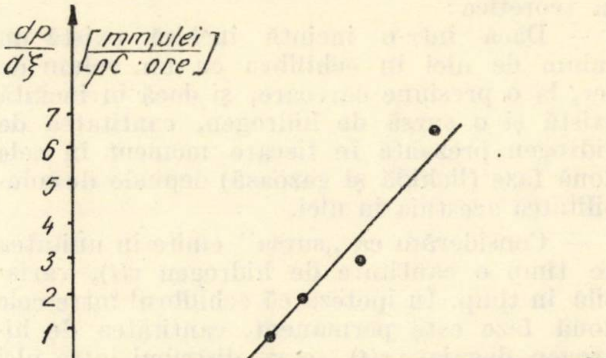


Fig. 6. Variația pantei caracteristicilor în funcție de tensiunea aplicată.

Deoarece s-a constatat că hidrogenul este principalul produs gazos de descompunere a izolaţiei studiate, concentraţia lui în amestecul de gaze, comparată cu creşterea totală de presiune din celulă, depăşind 80%, s-a considerat potrivită alegerea lui drept criteriu de degradare a izolaţiei. În această idee s-a reprezentat cantitatea de hidrogen, determinată cromatografic, în funcţie de creşterea de presiune din celulă, Δp, după diferite perioade de încercare (fig. 7). Analiza acestei figuri arată existenţa unui raport constant între cantitatea de hidrogen degajată şi presiunea din celulă, de unde rezultă implicit o relaţie liniară între cantitatea de hidrogen degajată şi nivelul integral al descărcărilor parţiale pentru un gradient de potenţial dat.

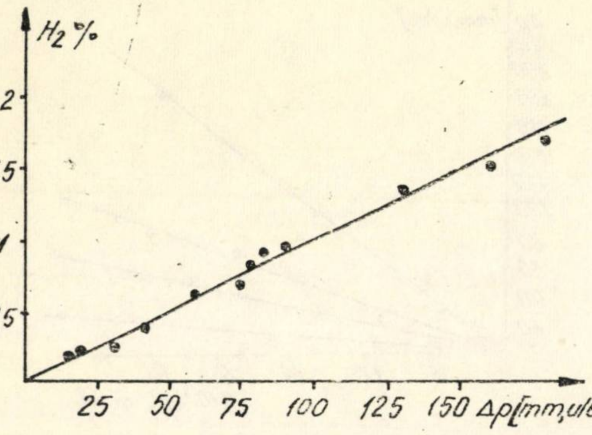


Fig. 7. Cantitatea de hidrogen determinată cromatografic (în procente faţă de volumul liber al celulei), funcţie de presiunea în celulă.

Rezultatele prezentate constituie o verificare experimentală a următoarelor consideraţii teoretice:

— Dacă într-o incintă închisă există un volum de ulei în echilibru cu un volum de aer, la o presiune oarecare, şi dacă în incintă există şi o sursă de hidrogen, cantitatea de hidrogen prezentă în fiecare moment în cele două faze (lichidă şi gazoasă) depinde de solubilitatea acestuia în ulei.

— Considerăm că „sursa" emite în unitatea de timp o cantitate de hidrogen $v(t)$, variabilă în timp. În ipoteza că echilibrul între cele două faze este permanent, cantitatea de hidrogen degajat, $v(t)$, se va distribui între ulei şi aer în proporţiile $\eta v(t)$ şi, respectiv, $(1-\eta)v(t)$, fiind un coeficient de solubilitate a hidrogenului în ulei. După timpul t, în faza gazoasă va exista o cantitate de hidrogen:

$$V = (1 - \eta) \int_0^t v(t)\, \mathrm{d}t.$$

— Dacă gazul emis rezultă din descompunerea uleiului sub acţiunea descărcărilor parţiale, cantitatea de gaz V depinde de energia acestor descărcări. Măsurătorile efectuate demonstrează că această dependenţă este liniară, deoarece produsul dintre tensiunea aplicată şi nivelul de descărcări integrat poate fi considerat proporţional ca mărime cu energia descărcărilor.

4. Concluzii

Din încercările efectuate se pot trage următoarele concluzii:

1. Cantitatea totală de produse gazoase de degradare a izolaţiei hîrtie-ulei sub acţiunea descărcărilor parţiale este proporţională cu energia acestor descărcări, în intervalele de energii pentru care s-au făcut verificările experimentale.

2. Principalul produs gazos de descompunere a izolaţiei date este hidrogenul. Cantitatea de hidrogen degajată este, de asemenea, proporţională cu energia descărcărilor în intervalul menţionat.

3. Folosirea unei variabile independente de forma:

$$\xi = \int_0^t q(t)\, \mathrm{d}t,$$

pentru raportarea efectelor descărcărilor parţiale la caracteristicile acestora, este mai corectă decît folosirea în acest scop a sarcinii aparente $q(t)$.

4. Încercările făcute oferă elemente principiale pentru stabilirea unei metodici unitare de încercări privind stabilitatea materialelor solide, lichide şi compuse, în raport cu degajarea gazelor, ca o măsură a degradării materialului sub acţiunea descărcărilor parţiale.

Bibliografie

[1] Moraru, D., Stoica, M. *Studiul uleiului folosit la transformatoare şi aparate de înaltă tensiune.* Raport intern ICPE, 1967.

[2] BUI-AI. *Contribution a l'étude de la dégradation des isolants en feuilles sous l'action des décharges partielles.* Thèse, Université de Toulouse, 1966.

[3] Tănăsescu, Fl. şi Rădulescu, I. *Mechanischer Effekt bei Teilentladungen an Grenzfèchen zwischen Luft und Öl.* ETZ-A, Bd. 90, 1969, H. 15, p. 377—379.

[4] Avramescu, A., Cotnăreanu, I., Moraru, D. şi Maricaru, M. *Stadiul descărcărilor parţiale în izolaţii hîrtie-ulei pentru transformatoare.* Raport intern, ICPE, 1968.

[5] * * * *La Technique Electronique, mesurer de parasites type MP.4.* Manual d'exploitation, notice nr. 3968.

[6] * * * CEI. Document 42 (Bureau Central) 11. *Mesures des décharges partielles* (Projet). Ianuarie 1967.

[7] Stoica, M. *Influenţa solicitărilor în cîmp electric alternativ asupra unor proprietăţi macroscopice ale PVC electrotehnic, pusă în evidenţă prin măsurarea nivelului descărcărilor parţiale.* Conferinţa de materiale şi scheme electroizolante. Wroclaw, 1969, rap. 4, p. 1—14.

[8] Varschavski, S. D., Galantar, N. G., Glazunov, V. I. *Ispitanie kondensatornih masel na gazostoikosti.* Elektrotehnika 40, nr. 1, 1969, p. 49—51.

[9] Hornsby, E. T., Irving, R., Patterson, E. A. *New criterion of gasing tendences of insulating oils.* Proc. IEE, 112, nr. 3, 1965, p. 590—597.

[10] Moraru, D. *Phénomens de dégagement des gaz acompagnant les décharges partielles dans l'isolation à papier-huile.* Lucrările ICPE, nr. 21, 1969, p. 107—113 (l. russe).

[11] Tropper, H. *The effect of dissolved gases on the electrical conduction and breakdown of insulating oil.* J. Electrochem. Soc., 108, nr. 2, 1961, p. 144.

ADDENDUM

În ultimele două decenii s-a impus tot mai mult considerarea descărcărilor parţiale ca o cauză specifică a deteriorării dielectricilor alături de fenomenele de străpungere intrinsecă şi termică mai de mult studiate.

Eforturi intense în direcţia studierii acestui fenomen, din punct de vedere teoretic şi experimental, au fost depuse atît de fabricanţii de materiale electroizolante, cît şi de constructorii de echipamente electrice şi de beneficiarii acestora. Cu toată marea desfăşurare de forţe angrenate în acest scop, dată fiind complexitatea fenomenelor, cercetările sînt departe de a fi încheiate; acestui fapt, ca şi importanţei tehnice şi economice ce i se acordă pe plan mondial cercetării fenomenului de descărcări parţiale, i se datoreşte includerea acestei teme printre problemele prioritare înscrise în agenda sesiunii CIGRE din anul 1970.

Axarea pe problemele tehnice majore, în plină dezbatere internaţională, fiind o caracteristică a cercetării din ţara noastră, ICPE a participat la sesiunea CIGRE din 1970 cu un referat care constituie o sinteză a preocupărilor sale din ultimii ani în domeniul descărcărilor parţiale.

Referatul raportorului general, ca şi discuţiile specialiştilor şi experţilor din grupa 15 (materiale izolante), au avut aprecieri deosebite asupra lucrării prezentate de delegaţia română, menţionată ca singurul raport care propune, pe baza studiilor şi a experimentărilor întreprinse de autori: ,,Criterii de definire a caracterului nociv al descărcărilor parţiale'', şi anume integrala în timp a sarcinii electrice, $\int q\,dt$.

Discuţiile purtate pe marginea lucrării au mai menţionat necesitatea ca studiile să fie îndreptate în direcţia determinării ,,... relaţiei dintre cantitatea de gaze degajate de o descărcare şi energia sa'', lucru propus în referatul autorilor şi confirmat de experienţe.

Din analiza generală a tuturor rapoartelor a reieşit, de asemenea, necesitatea atacării unor cercetări care să se desfăşoare pe o arie mai largă, extinse pe structuri tot mai complexe, în aşa fel încît să se poată face în viitor o diagnosticare satisfăcătoare a defectelor prin determinarea raportului dintre diferitele gaze produse prin degradarea materialului izolant.

(Articol intrat în redacţie la 29 noiembrie 1970)

Lista rapoartelor prezentate la cea de-a 23-a sesiune a CIGRE

SECŢIA I — MATERIAL ELECTRIC

Grupa 11 — Maşini rotative

11—01. J.A. Soper, L.W. James, A.C. Conway şi T. Miller (Marea Britanie): Sistem de excitaţie şi de comandă cu două axe pentru turboalternatoare sincrone.

11—02. M. Wallenstein şi R. Tuschak (Ungaria): Cîteva probleme ce privesc turboalternatoarele de mare putere răcite cu hidrogen.

11—03. P. Robert şi G. Fortpied (Belgia): Performanţele sistemelor de excitare ale alternatoarelor.

11—04. J. Hlavac şi M. Pivrnec (Cehoslovacia): Evoluţia sistemelor de răcire ale rotorului turboalternatorului de 500 MW.

11—05. I.A. Glebov, Ya.B. Danilecici, G.M. Kutoreski, I.M. Postnikov, L.Ya. Stansislavski şi A.P. Cistikov (U.R.S.S.): Cercetări privind pierderile şi încălzirile împărţite frontale ale turboalternatoarelor cu răcire directă.

11—06. C.H. Holley şi D.M. Willyoung (Statele Unite): Rotoare cu conductoare răcite direct pentru turbogeneratoare de mare putere. Rezultate şi perspective de viitor.

11—07. V. Easton (Marea Britanie): Raport prezentat în numele Comitetului de studii nr. 11 (Maşini rotative) de către grupa de lucru ,,Probleme mecanice ce se petrec în marile turboalternatoare hidraulice''. Vibraţii magnetice în statoarele turboalternatoarelor.

11—08. P. Barret (Franţa): Raport prezentat în numele Comitetului de studii nr. 11 (Maşini de rotaţie) de către grupa de lucru ,,Excitaţie''. Progrese recente şi principalele probleme ale sistemelor de excitare ale marilor maşini sincrone.

11—09. J. Debernardi, T. Fritsch, R. Boulet, M. Therby, A. Barral şi M. Duréault (Franţa): Sisteme de excitaţie ale marilor alternatoare. Execuţie. Încercări-criterii pentru performanţe.

11—10. W. Kellenberger (Elveţia): Echilibrarea turboalternatoarelor elastice ca aplicaţie a teoriei funcţiilor ortogonale.

11—11. P. Barret, A. Coustere şi J.F. Heuillard (Franţa): Restricţii impuse turboalternatoarelor în regim dezechilibrat.

Grupa 12 — Transformatoare

12—01. M. Ouyang, B.J. Halpin, D.H. Ryder, A.J. Wakeling, R.C. Hugues şi F.C. Pratt (Marea Britanie): Comparaţia comportărilor structurilor izolante în baie de ulei la supratensiunile de manevră şi la supratensiunile de şoc de origine atmosferică. Aplicaţiile la condiţiile de exploatare şi la cerinţele tensiunilor de încercare a transformatoarelor.

12—02. R. Muller, K. Potthof şi K. Soldner (Germania): Analiza gazelor dizolvate în ulei ca mijloc de supraveghere a transformatoarelor şi de detectare a defectelor incipiente.

12—03. B. Grundmark (Suedia): Bobine de compensare de înaltă tensiune. Orientări în concepţie şi încercări.

12—04. R. Andersson, S. Hyyryläinen şi K. Ponni (Finlanda): Umiditatea în izolatoare, probleme de măsură, întreţinere pentru transformatoare de putere în baie de ulei.

12—05. Discuţie preliminară asupra a trei subiecte preferate privind bobinele de compensare, întreţinerea şi coordonarea izolaţiei. Raport prezentat în numele Comitetului de studii nr. 12 (Transformatoare):
Partea 1: W. Evenepoel şi P. Ceuppens (Belgia): Probleme puse de concepţia, încercările şi funcţionarea bobinelor de compensare.
Partea a 2-a: K. Olsen (Norvegia): Întreţinerea transformatoarelor; problemele îmbătrînirii şi ale soluţiilor de prevenire.
Partea a 3-a: H.R. Moore (Statele Unite): Coordonarea izolaţiei interne a transformatoarelor ce satisface cerinţele tensiunilor de serviciu şi încercare.

12—06. A.K. Lokhanin, T.I. Morozova, I.D. Voevodin, Z. M. Beleţki, G.S. Kucinski şi D.A. Kaplan (U.R.S.S.): Probleme legate de rezistenţa dielectrică a izolaţiei principale la transformatoare de putere de foarte înaltă tensiune.

Grupa 13 — Aparate de întrerupere

13—01. N.S. Ellis, M.A. S. Hick, D.P. Longworth, F.O. Mason şi J.G. Steele (Marea Britanie): Încercare sintetică cu tensiunea alternativă de restabilire.

13—02. M. J. Battison, J.P. Bickford, J. C. W. Corcoran, R. L. Jackson, M. Scott şi R.J.S. Ward (Marea Britanie): Cercetări efectuate în Marea Britanie asupra operaţiilor de comutare a liniilor lungi de transport de energie la foarte înaltă tensiune.

13—03. M. Hosokawa, S. Yamazaki, Y. Nakano, J. Tomiyama şi M. Oyama (Japonia): Încercări sintetice ale întrerupătoarelor de curent alternativ echipate cu rezistenţe-şunt.

13—04. S. Fukuda, Y. Ozaki, K. Furuno, M. Fukunishi, K. Anjo, O. Taguchi, H. Kinoshita şi A. Tanaka (Japonia): Reducerea supratensiunilor de comutaţie cu ajutorul rezistenţelor montate pe întrerupătoare în reţele de foarte înaltă tensiune.

13—05. L. Ferschi (Austria), H. Kopplin, E. Pflaum, E. Slamecka şi W. Waterschek (Germania): Schemă cu trei circuite pentru încercarea întrerupătoarelor de înaltă tensiune în condiţii de defect kilometric.

13—06. E. von Bonin, H. Karrenbauer şi R. Leber (Germania): Circuitul cascadă-Weil pentru încercările sintetice ale întrerupătoarelor de mare putere de rupere.

13—07. R. Petitpierre şi H. Watschinger (Elveţia): Raport prezentat în numele Comitetului de studii nr. 13 (Aparate de comutaţie). Tensiuni tranzitorii de restabilire la întreruperea curenţilor de scurtcircuit limitaţi de transformatoare.

13—08. B. Grycz (Cehoslovacia): Echivalenţa circuitelor fundamentale destinate încercărilor directe şi sintetice ţinîndu-se seama de interacţiunea dintre arc şi circuit.

13—09. B. Lageman, M.W.A. Schmitz şi W.J. Wijker (Olanda): Rezultatele încercărilor de comparare a unui întrerupător cu aer comprimat într-un circuit direct şi în circuite sintetice cu injecţia curentului şi a tensiunii. Influenţa tensiunii tranzitorii iniţiale de restabilire (întîrziere) asupra puterii de rupere a unui întrerupător cu aer comprimat.

13—10. E. von Bonin, B. Koetzold, K. Möller, G. Oberdorfer, J. Schwarz şi H.G. Thiel (Austria): O metodă de întrerupere a curentului în reţelele de înaltă tensiune cu curent continuu ce folosesc întrerupătoare pentru curent alternativ cu caracteristicile de arc şi cu disipatoare de energie adaptate.

13—11. W.M. Leeds, R.E. Friedrich, C.L. Wagner şi T.E. Browne Jr (Statele Unite): Aplicaţii ale studiilor privind supratensiunile de comutaţie, arcurile şi scurgerea gazelor la definirea întrerupătoarelor cu SF_6.

13—12. P. Héroin, M. Boutteau, A. Mendès şi N. Schektman (Franţa): Influenţa parametrilor sursei de înaltă tensiune în cursul unei încercări sintetice cu injecţie de curent.

13—13. R. Thaler şi H. Wüthrich (Elveţia): Influenţa tensiunii de restabilire la declanşarea liniilor în gol, asupra repartiţiei tensiunii între elementele întrerupătoarelor cu întreruperi multiple.

13—14. P. Baltensperger şi E. Ruoss (Elveţia): Supratensiunile de comutaţie în reţelele de înaltă şi foarte înaltă tensiune.

13—15. B.J. Calvino, S. Favretto, G. Frate, G.Mazza şi S. Rovelli (Italia): Experienţă recentă privind evaluarea echivalenţei între încercările directe la plină putere şi încercările sintetice ale întrerupătoarelor de înaltă tensiune.

Grupa 14 — **Materiale de conversiune**

14—01. K. Hidaka, H. Kondo, T. Horigome, N. TTo şi T. Sogawa (Japonia): Dezvoltarea convertizoarelor cu tiristoare şi a controlului efectuat cu ajutorul calculatorului cifric pentru transmisiunile de înaltă tensiune.

14—02. R. Foerst şi G. Heyner (Germania): Încercări asupra modelelor de reţele de înaltă tensiune cu curent continuu cu trei extremităţi.

14—03. M.T. O'Brien (Noua Zeelandă): Experienţa funcţionării liniei de transport cu curent continuu de înaltă tensiune Benmore — Haywards.

14—04. J. Hengsberger (Germania), R. Wüthrich (Elveţia) şi F. Scherbaum (Germania): Redresoare cu tiristoare pentru curent continuu de înaltă tensiune răcite cu ulei pentru instalaţie exterioară.

14—05. F.H. Last şi R.M. Middleton (Marea Britanie): Raport prezentat în numele Comitetului de studii nr. 14 (Material de conversiune alternativ-continuu). Privire generală de ansamblu asupra performanţelor liniilor de transport de curent continuu de înaltă tensiune, în serviciu, în lume în cursul anilor 1968—1969.

Grupa 15 — **Materiale izolante**

15—01. Z. Krasucki şi H.F. Church (Marea Britanie): Condensatoare de putere cu film plastic impregnat.

15—02. G. Beer, A. Bossi, C. Mirra şi A. Oberti (Italia): Contribuţie experimentală la studiul degradării produse de descărcările parţiale în hîrtia izolantă impregnată cu ulei.

15—03. R. Wilputte (Belgia): Contribuţie la studiul evoluţiei gazului în izolanţii lichizi şi solizi supuşi acţiunii unor solicitări electrice.

15—04. D. Zanobetti (Italia), G.A. Gertsch (Elveţia), R.J. Hopkins (Statele Unite), A. Rabanit (Franţa) şi K. Wenzel (Austria): Raport prezentat în numele Comitetului de studii nr. 15 (Materiale izolante). Condensatoare de putere cu dielectric mixt hîrtie-polipropilenă.

15—05. D. Moraru, C. Popescu, M. Stoica şi Fl. Tănăsescu (România): Detectarea degradărilor produse de descărcările parţiale pentru tipurile de izolaţie hîrtie-ulei.

15—06. T. Bertula, Y. Saunamaki, şi N. Ostman (Finlanda): Îmbătrînirea izolaţiei hîrtie-ulei privită în mod special din punctul de vedere al influenţei cîmpului electric asupra impurităţilor din ulei.

15—07. Dna B. Fallou, F. Viale, A. Devaux, R. Fournié, J. Galand şi P. Vuarchex (Franţa), I. Davies, R.R. Rogers, E.H. Reynolds (Marea Britanie) şi E. Dörnenburg (Elveţia): Raport prezentat în numele Comitetului de studii nr. 15 (Materiale izolante) de către Grupa de lucru hîrtie-ulei. Aplicarea metodelor de analiză fizico-chimice la studiul degradărilor în izolarea materialelor electrice.

SECŢIA A II-a — CABLURI, LINII, STAŢII

Grupa 21 — **Cabluri izolate de înaltă tensiune**

21—01. T. Lundgren, S. Wretemark şi H.O. Hansson (Suedia): Studii privind impurităţile şi golurile în cablurile izolate cu polietilen reticulat. Extremităţile prefabricate.

21—02. F.H. Kreuger (Olanda): Cablu izolat cu polietilen cu impregnare gazoasă.

21—03. J.D. Endacott, H.W. Flack, H.W. Holdup, F.J. Miranda, A.M. Morgan, D.J. Skipper şi M.J. Thelwell (Marea Britanie): Parametri termici adoptaţi în Marea Britanie în vederea studiului proiectelor de circuite de cabluri la foarte înaltă tensiune şi de mare capacitate.

21—04. S. Takahashi (Japonia): Progrese tehnice recente privind cablurile japoneze de energie de înaltă tensiune.

21—05. P. Lund, H. Teslo şi G. Wettre (Norvegia): Cablu cu ulei lichid de 300 kV cu conductor de aluminiu de 2000 mm^2 şi mantale transpuse în aluminiu pentru oraşul Oslo.

21—06. R. Arrighi, R. Ridon, L. Causse şi P. Benard (Franţa): Contribuţie la studiul mediului termic înconjurător al cablurilor îngropate.

21—07. I. Eyraud (Franţa), L. R. Horne (Canada) şi J. M. Oudin (Franţa): Transport prin cabluri submarine cu curent continuu la 300 kV între Columbia Britanică şi insula Vancouver.

Grupa 22 — Linii aeriene

22—01. J. A. Hetherton A. H. Stevenson (Australia): Dezvoltarea şi încercările unei console izolante din porţelan pentru linii de 330 kV.

22—02. A. Matoba, K. Aiki, H. Sugaya şi K. Kaneko (Japonia): Rezultatele studiilor efectuate pe stîlpi groşi precum şi situaţia actuală a construcţiilor liniilor de transport aeriene de foarte înaltă tensiune de 500 kV — în Japonia.

22—03. A. Govers (Olanda): Eforturi dinamice semidirecţionale la piloni de înaltă tensiune după ruperea unui conductor.

22—04. K. P. Ewelt, H. Kollewe şi U. Stoll (Germania): O machetă termică pentru determinarea capacităţii de încărcare a unei linii aeriene de transport de energie în funcţie de condiţiile atmosferice.

22—05. A. Berg, S. Ege, M. Ervik şi T.O. Slethei (Norvegia): Progrese recente în materie de proiectări de conductoare şi accesorii.

22—06. V. Winants şi M. Riez (Belgia): Galopul conductoarelor liniilor aeriene.

22—07. A. Carpena (Italia): Profile speciale uşoare pentru structurile liniilor de înaltă tensiune.

22—08. M. Castanheta (Portugalia): Comportarea dinamică a liniilor de transport de energie sub acţiunea vîntului.

22—09. A. I. Kurnosov şi F. I. Lyalin (U.R.S.S.): Stîlpi din beton armat pentru liniile de transport aeriene de 330—500 kV în U.R.S.S.

22—10. R. C. Black et R. S. Throop (Canada): O tehnică de corecţie a reglării sub tensiunea conductoarelor liniilor de transport.

22—11. Raport prezentat în numele Comitetului de studii nr. 22 (linii aeriene) de către Grupa de lucru nr. 01 (Vibraţiile eoliene ale conductoarelor liniilor de transport aeriene).

Grupa 23 — Staţii de transformare

3 —01. G. Hosemann, G. G. Muller, K. H. Schneider şi E. Weise (Germania): Mărimea şi frecvenţa apariţiei solicitărilor extreme de tensiune şi de curent şi influenţele lor asupra structurii tehnice şi economice a staţiilor de înaltă tensiune.

23—02. F. M. Novoa (Chile): Cutremurele de pămînt şi echipamentul staţiilor. Dispoziţii şi specificaţii.

23—03. A. W. Roth (Elveţia) şi J. B. Owens (Statele Unite): Cercetări dielectrice asupra elementelor de staţii şi sisteme de conductoare izolate cu gaz pentru tensiune foarte înaltă.

23—04. T. D. Reimers şi J. B. Owens (Statele Unite): Staţie de transformare blindată la 345 kV cu hexafluorură de sulf sub presiune.

23—05. A. I. Tarasov şi Yu. A. Iacub (U.R.S.S.): Staţii de transformare coborîtoare simplificate în U.R.S.S.

23—06. E. Maury, R. Pariselle şi J. Vigneux (Franţa): Punerea în funcţiune şi primele rezultate ale exploatării staţiilor blindate de 225 kV izolate cu hexafluorură de sulf.

SECŢIA A III-a — REŢELE

Grupa 31 — Reţele de transport

31—01. H. C. Barnes (Statele Unite) şi B. Thoren (Suedia): Un proiect privind cercetarea tensiunii ultraînalte destinat să exploreze limitele superioare ale tensiunii reţelelor de transport.

31—02. S. Lalander, L. Gustafsson şi B. Mattsson (Suedia): Şaptesprezece ani de experienţă privind siguranţa în funcţionare a reţelei suedeze de transport de 400 kV.

31—03. M. Fukunishi, K. Anjo, H. Terase, Y. Ozaki, K. Yano şi Y. Kawaguchi (Japonia): Studiu de laborator privind pauzele reanclanşărilor rapide în reţelele de 500 kV.

31—04. N. Knudsen, H. Bergqvist şi P. Forsgren (Suedia): Rezultatele a trei ani de experienţă în exploatarea staţiei de încercări de curent continuu de înaltă tensiune din Anneberg.

31—05. J. Cladé, Y. Porcheron (Franţa), L. Paris, M. Sforzini (Italia), C. W. Mott, D. F. Oakeshott (Marea Britanie): Studiul parametrilor de dimensionare a liniilor de foarte înaltă tensiune.

31—06. H. C. Barnes şi V. Caleca (Statele Unite): Experienţe iniţiale asupra reţelei de 765 kV a Societăţii Americane Electric Power Company.

31—07. J. C. Anderson şi J. M. Schamberger (Statele Unite): Rezultatele cercetărilor privind transportul la ultraînaltă tensiune în cadrul proiectului de ultraînaltă tensiune 1968—1969.

31—08. J. Cladé, C. Gary şi M. Moreau (Franţa): Rezultatele studiilor efectului Corona efectuate la staţia experimentală ,,Les Renardières''.

31—09. R. Fernandez Nino (Mexic): Rezultatele unui an de încercări asupra efectului Corona la centrul de mare altitudine din Mexico (3100 m).

Grupa 32 — Planificarea şi exploatarea reţelelor

32—01. E. Uhlmann (Suedia): Stabilizarea unei reţele alternative cu ajutorul legăturilor în curent continuu.

32—02. R. R. Booth, G. L. Dillon şi G. G. Lake (Australia): Aplicarea tehnicilor de simulare la planificarea exploatării unui sistem electroenergetic.

32—03. G. Niehage, G. Becker, H. Bauer, K. Theilsiefje şi H. Wagner (Germania): Calcul de planificare pentru optimizarea mărimii şi tipului noilor unităţi de centrale precum şi a datei construcţiilor.

32—04. H. G. Busch, H. P. Heidinger, H. J. Holstein şi F. Lappe (Germania): Importanţa nivelului tensiunii de 380 kV pentru reţelele din Germania de Vest.

32—05. J. E. Hall şi G. Shackshaft (Marea Britanie): Evoluţia caracteristicilor de stabilitate în sistemul electroenergetic din Anglia şi Ţara Galilor.

32—06. G. Manzoni, P. L. Noferi şi M. Valtorta (Italia): Planificarea unităţilor de producţie în vederea acoperirii vîrfurilor în sistemele electroenergetice: parametri importanţi şi influenţa lor relativă.

32—07. K. Kober, J. Tveit şi A. Vinjar (Norvegia): Planificarea pe termen lung în sistemul electroenergetic de producere a energiei din Norvegia.

32—08. H. Balériaux, E. Jamoulle, P. Doulliez şi J. van Kelecom (Belgia): Căutarea unei politici optimale de investiţie pentru o reţea electrică în dezvoltare cu ajutorul metodei de decizie secvenţială.

32—09. Z. Szczerba (Polonia): Reglaj integrat al puterii reactive şi al nivelului de tensiune într-o centrală electrică de mare putere.

32—10. D. N. Ewart şi L. K. Kirchmayer (Statele Unite): Automatizarea, factor de mărire a siguranţei în funcţionare a sistemelor.

32—11. J. A. Casazza şi S. A. Mallard (Statele Unite): Siguranţa producerii şi a transportului.

32—12. M. Cuenod, U. G. Knight, H. Persoz, G. Quazza şi R. Renchon. Raport prezentat în numele Comitetului de studii nr. 32 (Planificarea sistemelor şi exploatarea): Tendinţe actuale în supravegherea şi conducerea automată a siguranţei exploatării sistemelor electroenergetice.

32—13. P. Dimo, L. Groza, G. Moraite, şi H. Cristea (România): Ameliorarea siguranţei în exploatare a sistemelor electroenergetice cu ajutorul consolelor de vizualizare.

32—14. D. H. Berry, R. D. Brown, J. J. Redmond şi W. Waston (Canada): Protecţie cu scăderea frecvenţei sistemului centralelor Ontario—Hydro.

32—15. J. Kauferle (Elveţia) şi E. Rumpf (Germania): Influenţa instalaţiilor de transport de înaltă tensiune în curent continuu, precum şi a reglajului acesteia asupra stabilităţii reţelelor trifazate de curent alternativ.

32—16. A. Augé, J. Bergougnoux, J. Dodu şi J. Pouget (Franţa): Studiul probabilistic al unei interconexiuni în reţeaua de transport (Model Péru).

32—17. A. Olwegard (Suedia): Ameliorarea stabilităţii în sistemele electroenergetice interconectate.

Grupa 33 — **Supratensiuni şi coordonarea izolaţiei**

33—01. G. Ban (Ungaria): Dezvoltarea unui arc de putere pe suprafaţa unui izolator.

33—02. P. J. Lambeth şi J. S. T. Looms (Marea Britanie), M. Sforzini şi C. Malaguti (Italia), Y. Porcheron şi P. Claverie (Franţa): Cercetări internaţionale privind poluarea izolatoarelor.

33—03. F. Popolansky (Cehoslovacia): Măsurarea curenţilor de trăsnet în Cehoslovacia şi aplicarea parametrilor obţinuţi la prevederea întreruperilor datorate trăsnetului căzut pe liniile de transport de foarte înaltă tensiune.

33—04. P. G. Tosev (Bulgaria) şi G.N.Alexandrov (U.R.S.S): Eficienţa protecţiei izolaţiei reţelelor cu ajutorul descărcătoarelor.

33—05. M.A.B. El-Koshairy şi F.A.M. Rizk (R.A.U.): Comportarea izolatoarelor liniilor de transport de foarte înaltă tensiune în condiţiile de poluare în deşert.

33—06. J. J. Zielinski şi J. Radziwill (Polonia): Curbele tensiune-timp ale paratrăsnetelor cu rezistenţă variabilă şi uscările ce le suportă izolaţia datorită supratensiunilor de comutaţie.

33—07. K. K. Dillard şi A. R. Hileman (Statele Unite): Comportarea reţelelor de transport în cazul supratensiunilor de comutaţie.

33—08. L. Paris, E. Comellini şi A. Taschini (Italia): Coordonarea izolaţiei unei staţii de foarte înaltă tensiune.

33—09. G. Baril, M. B. Guertin şi J. Parent (Canada): Supratensiunile şi coordonarea izolaţiei. Analiză şi aplicaţie la reţeaua de 735 kV.

33—10. A. Clerici, A. Colombo, E. Comellini şi A. Taschini (Italia): Consideraţii privind calculul izolaţiei în aer în funcţie de supratensiunile de comutaţie în viitoarele reţele de foarte înaltă tensiune.

30—11. A. S. Beliaev, L. F. Dmohovskaia, J. D. Pehenkin şi S. M. Popov (U.R.S.S.): Protecţia împotriva trăsnetului în staţiile cu tensiunea de 220 kV sau mai mult.

33—12. J. S. Forrest, P. J. Lambeth (Statele Unite), A. Colombo (Italia), J. Kucera (Cehoslovacia), J. J. Hurley, G. J. Limbourn (Australia) şi Y. Nakajima (Japonia): Raport prezentat în numele Comitetului de studii nr. 33 (Supratensiuni şi coordonarea izolaţiei). Studii internaţionale privind problemele de poluare a izolatoarelor.

Grupa 34 — **Protecţia, automatizarea şi echipamente de telecomandă**

34—01. F. Bardiaux (Belgia): Utilizarea unui sistem de protecţie de rezervă selectivă la staţiile de 150 kV importante ale unei mari aglomeraţii.

34—02. R. Renchon şi P. Delcomminette (Belgia): Protecţii şi automatizări ce pun în valoare capacităţile de supraîncărcare ale liniilor şi transformatoarelor.

34—03. H. Ungrad şi H. Glavitsch (Elveţia): Protecţia de rezervă şi supraveghere a siguranţei reţelei, coordonate şi centralizate, ca şi constituanţi ai unui sistem integrat pentru automatizarea transportului de energie.

34—04. F. Chevalley, A. Follonier şi J. Maître (Elveţia): Scopuri, principii şi metode de realizare a automatizării unei centrale hidroelectrice de putere medie pe firul apei.

34—05. M. Witzig şi D. Oehler (Elveţia): Principiul şi realizarea dispozitivelor automate de pornire şi oprire a pompelor turbine reversibile de 27 MVA în centrala de la Ova Spin.

34—06. M. A. Bercovici, V. M. Ermolenko, M. I. Tarev şi N. V. Kernobrovov (U.R.S.S.): Automatizări care permit evitarea defectelor energetice ale ansamblurilor interconectate.

34—07. J. P. Barret, H. Corbery, C. L. Noé, L. Carpentier şi S. Kohn (Franţa): Automatizarea reţelelor de transport de energie.

Grupa 35 — **Transmisiuni la distanţă**

35—01. H. P. Podszeck, Aiminio, G. R. Bergmann, F. Galli, F. Lafay, R. E. Martin, Swoboda. Raport prezentat în numele Comitetului de studii nr. 35 de către grupa de lucru 03 (Transmisia datelor): Siguranţa telecomunicaţiilor în reţelele electrice în prezenţa zgomotului.

35—02. W. A. Cowin, J. G. Kelly şi F. D. Pullen (Marea Britanie): Transmisiunea semnalelor de mare viteză pentru protecţia reţelelor de energie. Concepţia şi tehnicile de utilizare ţinîndu-se seama în special de problemele puse de zgomot şi perturbaţii.

35—03. G. V. Mikuţki, L. S. Perelman, V. V. Sidelnikov şi Yu. P. Sarin (U.R.S.S.): Cercetări privind caracteristicile de înaltă frecvenţă ale liniilor de 750 kV cu firele de pămînt izolate.

35—04. M. Chmelevski, R. Hill, F. Roger şi J. G. Gaudette (Canada): Fascicule hertziene pentru exploatarea reţelei de 735 kV de la Hydro-Québec.

Grupa 36 — **Perturbaţii**

36—01. D. McKenna şi T. C. O'Sullivan (Irlanda): Tensiuni induse în cablurile coaxiale şi telefonice.

36—02. M. V. Kostenko, K. E. Mihailov, E. L. Portnov, L. V. Pozniakov V. B. Sokolov şi I. M. Zarkhi (U.R.S.S.): Perturbaţiile produse de cuplajele rezistive şi inductive în liniile de telecomunicaţii ce intră în instalaţiile de mare putere.

36—03. M. Jaczewski şi A. Pilatowicz (Polonia): Interferenţa între liniile de energie şi de telecomunicaţii. Încercări pe reţea. Încercări pe machetă.

36—04. Raport prezentat în numele Comitetului de studii nr. 36 (Perturbaţii): Ridicarea potenţialului de pămînt şi liniile de telecomunicaţii:

Partea A: A. Pesonen, J. Kattelus şi P. Alarlo (Finlanda): Cabluri trecînd pe lîngă staţiile de înaltă tensiune sau stîlpii liniilor de transport.

Partea B: G. Grand (Franţa): Protecţia circuitelor de telecomunicaţii ce intră în staţiile şi centralele electrice.

36—05. T. Borgvall, B. Holmgren, K. Norbäck, D. Sunden şi T. Widstrom (Suedia): Tensiuni ce iau naştere în cablurile de comandă a staţiilor în timpul manevrelor de întrerupere.

◆

O extindere probabilistică a metodelor deterministe pentru rezolvarea rețelelor electrice liniare

Conf. dr. ing. **P. Buhuș** *)

1. Considerații introductive

În etapa actuală, dimensionarea și studiul comportării sistemelor electrice se fac încă în mare măsură folosind metode de calcul deterministe. Astfel, în cazul dimensionărilor se are în vedere un anumit regim de sarcină maximă, studiul comportării sistemelor făcîndu-se apoi în ipoteza altor cîteva regimuri-limită sau intermediare. Practica de aproape un secol confirmă utilitatea acestui mod determinist de abordare.

Se știe, însă, că în realitate sistemele electrice au o funcționare aleatorie. Aceasta se datorește atît caracterului aleatoriu al mărimilor la ieșire — cererile consumatorilor — cît și caracterului aleatoriu al comportării elementelor sistemului și al celor ce îl deservesc — avarii, greșeli de manevră etc. În cele ce urmează se vor face cîteva referiri numai în legătură cu caracterul aleatoriu al funcționării ce se datorește mărimilor de ieșire.

După cum s-a menționat și mai sus, pe calea deterministă se calculează izolat regimuri-limită și, la nevoie, unele dintre regimurile intermediare.

În limitele cunoașterii celor cîteva regimuri presupuse frontieră și a celor cîteva regimuri intermediare, se conturează într-o anumită măsură și o imagine asupra ansamblului regimurilor posibile de funcționare.

Într-o exprimare figurativă se poate spune însă că se obține o imagine suficient de difuză în întregul ei domeniu de existență, deoarece rezultatele calculului determinist al regimurilor sistemelor electrice nu oferă informații nici în ceea ce privește gradul de verosimilitate al regimurilor-frontieră admise și nici în ceea ce privește frecvența sau densitatea de repartiție a regimurilor intermediare.

O clarificare în etape succesive a acestei imagini se poate obține folosind calculul statistic și modele probabilistice din ce în ce mai complexe. Pe această cale, se poate aborda studiul în ansamblu al întregului spectru de regimuri posibile de funcționare ale unui sistem electric și, totodată, se pot face investigații suplimentare în cadrul noilor dimensiuni pe care le intoduce luarea în considerare a caracterului aleatoriu al funcționării.

Într-un prim stadiu se poate determina, de exemplu, un regim mediu și un indicator al gradului de împrăștiere a regimurilor posibile în jurul regimului mediu. Un astfel de indicator ar putea fi dispersia sau, respectiv, abaterea medie pătratică.

Într-un stadiu mai avansat se poate trece la determinarea repartiției probabile în timp a regimurilor posibile de funcționare ale sistemului.

Prin fiecare dintre aceste stadii se poate contribui treptat la o proiectare și la o exploatare mai judicioasă a sistemelor electrice din punct de vedere economic.

În lucrarea de față se încearcă o contribuție în special în limitele primului stadiu menționat. În esență, se propune o metodă de calcul care, generalizînd rezultatele ce se pot obține prin folosirea metodelor deterministe de rezolvare a rețelelor electrice liniare pentru diverse regimuri date, permite determinarea valorilor medii și a dispersiilor tensiunilor la noduri, ale curenților din laturi sau ale pierderilor de putere și energie. Se demonstrează că metoda este aplicabilă atît în cazul regimurilor simetrice și sinusoidale, cît și în cel al regimurilor nesimetrice sau nesinusoidale.

Pe lîngă algoritmul general de calcul propus, se mai prezintă un exemplu de calcul în cadrul căruia se tratează și cazul dependenței funcționale dintre componenta activă și componenta reactivă a curentului de sarcină. Se insistă mai puțin asupra unor exemple care să ilustreze aplicații practice ale generalizării și metodei de calcul propuse. În acest sens sînt mai de mult prezentate unele aspecte în literatura de specialitate, cum ar fi, de exemplu, cele din [1] sau din capitolul care tratează calitatea energiei [2].

Dacă unele dintre variabilele aleatorii studiate se caracterizează printr-o repartiție normală — ai cărei parametri se știe că sînt valoarea medie și dispersia — se poate considera rezolvat și cel de-al doilea stadiu amintit mai sus, care permite determinarea frecvențelor și a duratelor medii probabile ale diverselor regimuri posibile. De altfel, și în cazurile în care variabilele aleatorii studiate s-ar caracteriza prin alte legi de repartiție a probabilităților, definite de cel mult doi parametri, valorile acestora pot fi calculate dacă valoarea medie și dispersia sînt cunoscute.

2. Prezentarea metodei propuse

Fie o rețea trifazată simetrică, avînd o structură dată, la care se cunosc impedanțele tuturor laturilor și curenții de sarcină. Totodată, se mai presupun cunoscute caracteristicile surselor de tensiune sau, respectiv, ale surselor de curent racordate la nodurile de alimentare.

---

* Dr. ing. P. Buhuș este conferențiar la Institutul politehnic București.

Cu aceste elemente, problema poate fi considerată perfect determinată în sensul că, folosind oricare dintre multiplele metode de rezolvare a rețelelor electrice, mai mult sau mai puțin laborios, pot fi determinate toate celelalte mărimi corespunzătoare regimului de sarcini și regimului din nodurile de alimentare considerat. Indiferent de metoda aplicată, dacă se presupune că impedanțele tuturor laturilor și surselor au valori constante, rezolvarea rețelei, respectiv determinarea tensiunilor la noduri și a curenților din laturi, se va face cu ajutorul unor sisteme de ecuații liniare cu coeficienți constanți. Fiind aplicabilă în cazul oricărui fenomen care poate fi descris printr-un sistem de ecuații liniare, metoda de calcul care va fi expusă în cele ce urmează va putea fi deci folosită la rezolvarea rețelei prin oricare dintre metodele cunoscute.

Prin urmare, fără a se introduce vreo limitare privitor la generalitatea metodei de calcul ce urmează a fi prezentată, se va presupune, de pildă, că rezolvarea rețelei se abordează cu ajutorul metodei clasice a tensiunilor la noduri. Folosirea acestei metode presupune cunoscuți curenții injectați în nodurile de alimentare și alegerea în prealabil a tensiunii unuia dintre noduri ca tensiune de referință. În cele ce urmează, pentru această tensiune se va folosi notația U_0, considerînd-o, de exemplu, aplicată într-unul din nodurile de alimentare.

Presupunînd că rețeaua are $q + 1$ noduri și tensiunea U_0, ca origine de fază, fiecare dintre tensiunile fazice ale celorlalte q noduri va putea fi determinată cu ajutorul unei relații de forma:

$$\underline{U} = U_0 - \sum_{k=1}^{q} \underline{D}_k \, \underline{I}_k, \tag{1}$$

în care prin $\underline{D}_k$ s-au notat rapoartele de determinanți cu ajutorul cărora se exprimă sub forma clasică rezultatul în cazul aplicării metodei tensiunilor la noduri. Reamintim că acești determinanți conțin în structura lor numai admitanțele laturilor care converg la fiecare dintre nodurile rețelei și au dimensiunile unor impedanțe. Curenții de sarcină au fost considerați pozitivi.

Prin urmare, dacă pentru unul din noduri se adoptă o tensiune de referință U_0, soluțiile primei părți — deterministe — ale problemei stabilirii dependenței funcționale dintre tensiunile fazice la celelalte q noduri ale rețelei și curenții la noduri — de sarcină sau de injecție — sînt reprezentate de un număr q de relații de forma (1).

În cele ce urmează, se va trece la a doua parte a problemei, la partea aleatorie, care constituie obiectul lucrării de față. Pentru generalizare se va presupune că toți curenții rețelei considerate prezintă o variație aleatorie în timp.

Considerînd pentru moment toți consumatorii ca fiind simetrici, fiecare dintre curenții la noduri poate fi scris sub forma unei funcții aleatorii complexe:

$$\underline{I} = I_a - j\, I_r, \tag{2}$$

I_a și I_r fiind la rîndul lor funcții cu variație aleatorie în timp.

Este evident că dacă curenții la noduri sînt funcții aleatorii, atunci și tensiunile la noduri — care variază o dată cu curenții, conform relațiilor deterministe de forma (1) — vor fi, de asemenea, funcții aleatorii de timp.

În principiu, problema care s-ar pune în continuare ar consta în determinarea parametrilor funcțiilor aleatorii—tensiuni la noduri, în cazul în care se cunosc parametrii funcțiilor aleatorii—curenți la noduri, știut fiind că între aceste două familii de funcții aleatorii există q relații deterministe de dependență liniară cu coeficienții $\underline{D}_k$ cunoscuți.

Studiul acestei părți a problemei, luînd în considerare mărimile aleatorii ca funcții de timp, ar reprezenta o cale mai dificilă. În cele ce urmează, problema va fi studiată pe o cale mai simplă, considerînd tensiunile și curenții ca simple variabile aleatorii definite prin caracteristicile lor numerice.

Se vor presupune cunoscute valorile medii $M[I_a]$ și $M[I_r]$, precum și dispersiile $D\,[I_a]$ și $D[I_r]$ pentru componentele activă și reactivă ale fiecăruia dintre curenții la noduri. Totodată, mai trebuie cunoscute inițial gradele de dependență în probabilitate, care ar putea exista între oricare două componente de curent, adică valorile covarianțelor K sau ale coeficienților de corelație ρ respectivi. Din teoria probabilităților se cunoaște că între aceste două caracteristici numerice există relația:

$$K_{I_{am},\, I_{rn}} = \operatorname{cov}\,(I_{am}\,,\ I_{rn}) = \rho_{am,rn}\sqrt{D\,[I_{am}]\,D[I_{rn}]} \tag{3}$$

În practică, între componenta activă și componenta reactivă a curentului absorbit de fiecare consumator există totodeauna o anumită corelație. Între componentele de curent absorbit de diferiți consumatori, existența unei corelații este mai puțin probabilă; în schimb între componentele curenților de sarcină și ale celor injectați în rețea corelația este certă, suma curenților injectați fiind egală cu suma curenților de sarcină.

Modul în care pot fi determinate în practică valorile mediilor, dispersiilor și covarianțelor este prezentat în anexa 2.

Folosind pentru impedanţele de calcul notaţia :

$$\underline{D}_k = d_k + j_k\, \delta_k, \tag{4}$$

şi avînd în vedere notaţia (2), relaţiile de forma (1) devin :

$$\underline{U} = \sum_{k=1}^{q} (U_0 - d_k I_{ak} - \delta_k I_{rk}) +$$

$$+ j \sum_{k=1}^{q} (-\delta_k I_{ak} + d_k I_{rk}). \tag{5}$$

În esenţă, se obţin expresii de forma :

$$\underline{U} = \alpha + j\beta, \tag{6}$$

în care α şi β sînt funcţii de variabile aleatorii.

Media unei variabile aleatorii complexe de forma (6) este tot o variabilă aleatorie complexă [3], [5] :

$$M[\underline{U}] = M[\alpha] + jM[\beta]. \tag{7}$$

Aplicînd cele de mai sus în cazul relaţiilor de forma (5) şi avînd în vedere că media unei sume este egală cu suma mediilor [3], valorile medii ale tensiunilor la noduri exprimate în complex vor fi de forma :

$$M[\underline{U}] = \sum_{k=1}^{q} \{U_0 - d_k M[I_{ak}] - \delta_k M[I_{rk}]\} +$$

$$+ j \sum_{k=1}^{q} \{-\delta_k M[I_{ak}] + d_k M[I_{rk}]\}. \tag{8}$$

În practica inginerească, de cele mai multe ori sînt necesare valorile scalare ale tensiunilor la noduri. Se pune deci problema de a se determina mediile modulelor $M[U]$ ale unor mărimi exprimate sub forma (5), respectiv (6). Referindu-ne la ultima dintre aceste două forme, într-o primă etapă se va scrie direct expresia valorii medii a pătratului modulului uneia dintre tensiunile la noduri :

$$M[U^2] = M[\alpha^2] + M[\beta^2]. \tag{9}$$

Fie o variabilă aleatorie scalară X. Din teoria probabilităţilor se ştie că între valoarea medie a pătratului acestei variabile aleatorii şi, respectiv, pătratul valorii ei medii, există relaţia :

$$M[X^2] = (M[X])^2 + D[X], \tag{10}$$

de unde rezultă că :

$$[MX] = \sqrt{M[X^2] - D[X]}. \tag{11}$$

Pentru a obţine expresia valorii medii a tensiunilor care s-ar înregistra într-unul din nodurile reţelei date, va trebui ca, pentru partea stîngă din relaţia (9), să se ţină seama de relaţia (11), iar pentru fiecare dintre cei doi termeni din partea dreaptă, de relaţia (10). În final se obţine foarte uşor expresia :

$$M[U] = \\ = \sqrt{(M[\alpha])^2 + (M[\beta])^2 + D[\alpha] + D[\beta] - D[U]}, \tag{12}$$

în care, avînd în vedere identitatea dintre relaţiile (7) şi (8), rezultă că :

$$M[\alpha] = \sum_{k=1}^{q} \{U_0 - d_k M[I_{ak}] - \delta_k M[I_{rk}]\}; \tag{13}$$

$$M[\beta] = \sum_{k=1}^{q} \{-\delta_k M[I_{ak}] + d_k M[I_{rk}]\}. \tag{14}$$

Pentru exprimarea celor două dispersii $D[\alpha]$ şi $D[\beta]$, se va avea în vedere indentitatea dintre expresiile (5) şi (6), precum şi următoarea teoremă din teoria probabilităţilor privind dispersia unei sume de q variabile aleatorii X_i, înmulţite fiecare în parte cu mărimi nealeatorii, c_i :

$$D[c_0 \pm \sum_{i=1}^{q} c_i X_i] = \sum_{i=1}^{2} c_i^2 D[X_i] + 2 \textstyle\sum_p c_i c_j K_{ij} \tag{15}$$

Dispersia mărimii nealeatorii c_0 este evident nulă.

Indicele p de pe lîngă a doua sumă a fost prevăzut pentru a se menţiona că suma se referă la covarianţele tuturor perechilor de cîte două variabile aleatorii din cele q luate în considerare. Suma se referă deci la un număr de termeni egal cu combinări de q obiecte luate cîte două. În practică, numărul de termeni poate fi mai mic, deoarece covarianţele perechilor de variabile aleatorii independente sînt nule.

Coeficienţii c_i, care înmulţesc covarianţele, trebuie luaţi în considerare cu semnele algebrice pe care le au termenii corespunzători ai sumei a cărei dispersie se calculează. Menţionăm că, prin definiţie, valorile dispersiilor sînt totdeauna pozitive, în timp ce covarianţele pot avea şi valori negative.

Pe baza celor de mai sus şi considerînd că dispersia tensiunii de referinţă U_0, precum şi covarianţele ei cu toate componentele curenţilor la noduri sînt nule, se obţin următoarele expresii :

$$D[\alpha] = \sum_{k=1}^{q} \{d_k^2 D[I_{ak}] + \delta_k^2 D[I_{rk}]\} + 2 \textstyle\sum_p d_i \delta_j K_{ij}; \tag{16}$$

$$D[\beta] = \sum_{k=1}^{q} \{\delta_k^2 D[I_{ak}] + d_k^2 D[I_{rk}]\} + 2 \textstyle\sum_p d_i \delta_j K_{ij}. \tag{17}$$

Ultimele sume din aceste relaţii sînt *sume algebrice*, de termeni proporţionali cu covarianţele tuturor perechilor care se pot forma cu componentele active şi reactive de curenţi, ale căror dispersii au intrat în structura primelor sume.

Revenind la relaţia (12), mai rămîne de discutat modul de determinare a ultimului termen de sub radical, dispersia tensiunii $D[U]$. Pe lîngă utilitatea ei pentru calculul valorii medii, această mărime reprezintă totodată şi o a doua caracteristică a tensiunii, considerată ca variabilă aleatorie.

Pentru determinarea unei expresii de calcul a dispersiei unei funcţii scalare de mai multe variabile aleatorii, $F = f(X_1, X_2, \ldots, X_n)$, se poate folosi metoda aproximativă a liniarizării, propusă în literatura privind teoria probabilităţilor şi statistica matematică [3], [4]. Se consideră aprioric cunoscute valorile medii $m_1, m_2, \ldots, m_n$ şi dispersiile tuturor celor n variabile aleatorii, precum şi covarianţele tuturor perechilor care se pot forma cu aceste variabile aleatorii.

Metoda se bazează pe observaţia că, în majoritatea cazurilor practice, probabilităţile repartiţiei ansamblului de variabile aleatorii considerate sînt concentrate în bună măsură într-o vecinătate relativ restrînsă a centrului comun, reprezentat de punctul avînd ca coordonate valorile medii ale tuturor variabilelor aleatorii ale ansamblului. În astfel de cazuri, pentru calculul caracteristicilor probabilistice sau statistice se propune aproximarea funcţiei F considerate printr-o funcţie liniară, avînd ca expresie analitică dezvoltarea funcţiei în serie Taylor în jurul punctului de coordonate $(m_1, m_2, \ldots, m_n)$ la care se iau în considerare numai termenii liniari:

$$F = f(X_1, X_2, \ldots, X_n) \approx f(m_1, m_2, \ldots, m_n) + \left(\frac{\partial f}{\partial X_1}\right)_m (X_1 - m_1) + \left(\frac{\partial f}{\partial X_2}\right)_m (X_2 - m_2) + \ldots + \left(\frac{\partial f}{\partial X_n}\right)_m (X_n - m_n). \tag{18}$$

În această relaţie derivatele parţiale reprezintă simpli coeficienţi care se calculează prin înlocuirea variabilelor aleatorii în expresiile derivatelor cu valorile lor medii. Pentru reamintirea acestui lucru derivatele parţiale s-au scris în paranteze cu indicele m.

Dispersia funcţiei F aproximate sub forma (18) se poate calcula ţinînd seama de relaţia (15). În final se obţine următoarea expresie:

$$D[F] \approx \sum_{k=1}^{n} \left(\frac{\partial f}{\partial X_k}\right)_m^2 D[X_k] + 2 \Sigma_p \left(\frac{\partial f}{\partial X_i}\right)_m \left(\frac{\partial f}{\partial X_j}\right)_m K_{ij}, \tag{19}$$

la care în a doua sumă se iau în considerare covarianţele tuturor perechilor de variabile aleatorii înmulţite cu coeficienţii respectivi din relaţia (18).

În cazul problemei tratate în lucrarea de faţă, metoda prezentată trebuie aplicată pe rînd unui număr de q funcţii scalare tensiuni la noduri de forma:

$$U = f(\alpha, \beta) = \sqrt{\alpha^2 + \beta^2}. \tag{20}$$

Deci fiecare dintre tensiunile la noduri poate fi considerată ca o funcţie scalară de cîte două variabile aleatorii α şi β, pentru care expresiile de calcul ale valorilor medii şi ale dispersiilor au fost deja determinate anterior.

Expresiile derivatelor parţiale în care cele două variabile aleatorii s-au înlocuit cu valorile medii sînt:

$$\left(\frac{\partial f}{\partial \alpha}\right)_m = \frac{M[\alpha]}{\sqrt{(M[\alpha])^2 + (M[\beta])^2}}; \tag{21}$$

$$\left(\frac{\partial f}{\partial \beta}\right)_m = \frac{M[\beta]}{\sqrt{(M[\alpha])_2 + (M[\beta])^2}}. \tag{22}$$

Cu ajutorul relaţiilor (19), (21) şi (22) se obţine în final expresia de calcul al dispersiei tensiunii unuia dintre noduri:

$$D[U] \approx \frac{1}{(M[\alpha])^2 + (M[\beta])^2} \{(M[\alpha])^2 D[\alpha] + (M[\beta])^2 D[\beta] + 2\, M[\alpha] M[\beta] K_{\alpha\beta}\}. \tag{23}$$

Pentru a se putea aplica relaţia (23) mai trebuie cunoscută valoarea covarianţei $K_{\alpha\beta}$. Din teoria probabilităţilor vom reaminti în primul rînd că covarianţa a două variabile aleatorii se defineşte ca fiind momentul produsului mărimilor centrate ale celor două variabile aleatorii. Dispersia unei variabile aleatorii, care se defineşte ca moment al pătratului mărimii centrate a respectivei variabile aleatorii, poate fi considerată deci ca un caz particular al covarianţei, reprezentînd covarianţa unei variabile aleatorii cu ea însăşi:

$$c_1 c_2 D[X] = K_{c_1 x,\, c_2 x}. \tag{24}$$

Pe baza observaţiilor de mai sus poate fi scrisă următoarea relaţie generală de calcul a covarianţei căutate:

$$K_{\alpha\beta} = \sum_{k=1}^{q} d_k\, \delta_k \{D[I_{ak}] + D[I_{rk}]\} + \sum_{i \neq j} d_i\, \delta_j \{K_{I_{ai}, I_{aj}} + K_{I_{ri}, I_{rj}}\} + \sum_{\substack{i=j \\ i \neq j}} \{d_i\, d_j + \delta_i\, \delta_j\} K_{I_{ai}, I_{rj}}. \tag{25}$$

Relaţia (25) reprezintă o sumă de $4k^2$ termeni, ca şi produsul celor două funcţii aleatorii, α şi β. Lucrul se verifică uşor dacă se adună numerele de termeni ale celor trei sume parţiale din forma de scriere (25) de mai sus:

$$2\,k + 2\,A_k^2 + 2\,k^2 = 4k^2. \qquad (26)$$

Această ultimă relaţie poate să prezinte utilitate în calculele practice pentru a verifica dacă au fost luaţi în considerare toţi termenii.

Se poate observa uşor că fiecare din cei 4 k^2 termeni însumaţi în relaţia (25) corespunde cîte unuia dintre termenii produsului funcţiilor α şi β. În locul produselor de cîte două variabile aleatorii, în relaţia (25) apar covarianţele respective, în prima dintre cele trei sume parţiale fiind puse în evidenţă dispersiile, conform relaţiei (24).

Este important de subliniat în mod special că, atît în cazul relaţiilor (16) şi (17), cît şi în cazul relaţiei (25), fiecare dintre coeficienţii d sau δ trebuie luat în considerare împreună cu semnul algebric al termenului corespunzător din expresiile funcţiilor α sau β. În cazul relaţiei (25) se ajunge la acelaşi rezultat, dacă pentru fiecare termen se ia în considerare semnul algebric al termenului corespunzător din produsul $\alpha \cdot \beta$ al celor două funcţii aleatorii.

În practică, o bună parte dintre consumatori — dacă nu chiar toţi — pot fi consideraţi, de regulă, independenţi, şi prin urmare covarianţele dintre componentele lor de curent sînt nule. Mai rămîn deci de luat în considerare covarianţele dintre componenta activă şi componenta reactivă a fiecărui consumator, precum şi covarianţele dintre componentele curenţilor de injecţie şi ale celor de sarcină.

Pornind de la relaţia (18), care s-a folosit pentru a se deduce o relaţie aproximativă de calcul al dispersiei, se poate stabili şi o relaţie aproximativă de calcul al valorii medii.

Într-adevăr:

$$M[U] \approx f(m_1, m_2, \ldots, m_n) + \sum_{k=1}^{q} \left(\frac{\partial f}{\partial X_k}\right)_m M[X_k - m_k]; \qquad (27)$$

deoarece:

$$M\,[X_k - m_k] = 0,$$

în final rezultă că:

$$M\,[U] \approx f(m_1, m_2, \ldots, m_n). \qquad (28)$$

Avînd în vedere relaţiile (20) şi (28), se obţine următoarea relaţie aproximativă de calcul:

$$M[U] \approx \sqrt{(M\,[\alpha])^2 + (M\,[\beta])^2}. \qquad (29)$$

Dacă, ajungîndu-se la relaţia (7) sau, respectiv, (8), nu s-ar fi ţinut seamă de raţionamentul probabilistic care a condus la relaţia exactă (12) şi s-ar fi stabilit media modulului folosind metoda deterministă de calcul al modulului, s-ar fi obţinut direct relaţia (29) care, cel puţin teoretic, rezultă că este o relaţie aproximativă. Totuşi, avînd în vedere argumentele pe baza cărora s-a arătat mai sus că în literatură se recomandă folosirea relaţiei (18), rezultă că şi relaţia (29) poate fi adeseori utilă în calcule. În majoritatea cazurilor care se întîlnesc în practică dispersiile au valori mult mai mici decît pătratele valorilor medii, deci aproximaţiile pe care le-ar presupune folosirea relaţiei (29) sînt cu totul neglijabile.

3. Algoritmul de calcul propus

Metoda de calcul studiată se referă la cazul în care componentele active şi reactive ale curenţilor la nodurile de consum şi de injecţie ale unei reţele date sînt luate în considerare ca variabile aleatorii şi se cunosc toate caracteristicile lor numerice: valori medii, dispersii şi covarianţe. Totodată, se mai consideră cunoscute relaţiile liniare deterministe de rezolvare a reţelei, precum şi valorile numerice ale coeficienţilor d şi δ din aceste relaţii. După necesităţi, aceste relaţii liniare pot să exprime tensiunile la noduri sau curenţii din laturi, algoritmul de calcul ce se propune fiind aplicabil în ambele cazuri.

Fiecare dintre tensiunile la noduri sau curenţii din laturi putînd fi scrisă sub forma $\alpha + j\beta$, pentru a se determina dispersiile şi valorile lor medii se propune folosirea unui algoritm de calcul care ar presupune următoarele etape succesive:

— calculul concomitent al ultimelor sume din relaţiile (16) şi (17) şi al covarianţei $K_{\alpha\beta}$ cu ajutorul relaţiei (25);

— calculul dispersiilor $D[\alpha]$ şi $D[\beta]$ cu ajutorul relaţiilor (16) şi (17);

— calculul valorilor medii $M[\alpha]$ şi $M[\beta]$ cu ajutorul relaţiilor (13) şi (14);

— determinarea mărimii dispersiei tensiunii sau, respectiv, a curentului cu ajutorul relaţiei (23);

— determinarea valorii medii a tensiunii, sau, respectiv, a curentului cu ajutorul relaţiei (12).

Valorile medii se pot calcula şi direct, fără a mai determina în prealabil dispersiile, folosind relaţiile (13), (14) şi, în final, (29). Această cale conduce la rezultate suficient de exacte atunci cînd, în raport cu valorile medii, valorile dispersiilor sînt relativ mici.

4. Consideraţii privind aplicarea metodei în cazul regimurilor nesimetrice sau nesinusoidale

Prezentarea de mai sus s-a referit la cazul unui regim perfect simetric şi sinusoidal. Algoritmul de calcul propus poate fi însă folosit atît la determinarea valorilor medii şi a dispersiilor tensiunilor şi curenţilor de secvenţă inversă sau omopolară într-un regim sinusoidal nesimetric, cît şi la determinarea valorilor medii şi a dispersiilor armonicilor de tensiune sau de curent într-un regim nesinusoidal. Menţionăm că la calculul acestor din urmă regimuri, dacă sistemul de tensiune aplicat în nodul de referinţă este simetric şi sinusoidal, tensiunea U_0 din expresia lui α din relaţia (5) trebuie considerată nulă. Totodată, trebuie folosite caracteristici numerice ale componentelor de curent şi relaţii analitice de rezolvare a reţelei corespunzătoare regimului studiat.

Calculul efectuîndu-se separat pentru fiecare secvenţă sau, respectiv, pentru fiecare armonică în parte, se pot face apoi comparaţii ale mărimilor de secvenţă inversă sau homopolară, sau respectiv ale armonicilor de ordin superior cu mărimile corespunzătoare ale fundamentalei de secvenţă directă.

În cazul în care ar mai fi încă necesar, metoda propusă este aplicabilă şi la etapa ulterioară de determinare a valorilor efective ale mărimilor fazice rezultante. Astfel, într-un regim nesimetric tensiunile sau curenţii fazici care se obţin cu expresiile :

$$\underline{I}_R = \underline{I}_1 + \underline{I}_2 + \underline{I}_0;$$

$$\underline{I}_S = a^2\underline{I}_1 + a\underline{I}_2 + \underline{I}_0;$$

$$\underline{I}_T = a\underline{I}_1 + a^2\underline{I}_2 + \underline{I}_0;$$

pot fi puşi fiecare în parte sub forma $\alpha + j\beta$.

De exemplu, dacă curentul de secvenţă $s(0 \leqslant s \leqslant 2)$ se scrie snb forma :

$$\underline{I}_s = \alpha_s + \beta_s,$$

atunci curentul fazei R rezultă :

$$\underline{I}_R = \sum_{s=0}^{2} \alpha_s + j \sum_{s=0}^{2} \beta_s = \alpha + j\beta \qquad (30)$$

şi este deci aplicabil direct algoritmul de calcul propus.

În cazul unui regim nesinusoidal, notaţiile referindu-se, de exemplu, tot la curenţi, armonica de ordinul n a oricăreia dintre faze poate fi scrisă, de asemenea, sub forma :

$$\underline{I}_n = \alpha_n + j\beta_n.$$

Expresia pătratului valorii curentului fazic va fi, prin urmare :

$$I^2 = \sum_n I_n^2 = \sum_n \alpha_n^2 + \sum_n \beta_n^2 = \alpha^2 + \beta^2, \qquad (31)$$

de unde rezultă că valoarea medie şi dispersia modulului pot fi calculate şi în acest caz cu ajutorul unor relaţii de forma (12) şi respectiv (23).

5. Valoarea medie a pierderilor de putere activă şi estimarea pierderilor de energie

Pierderile de putere activă dintr-una din laturile unei reţele — datorită circulaţiei unei armonici de curent sau circulaţiei unei componente de o anumită secvenţă — sînt calculate cu ajutorul relaţiei :

$$\Delta P = c\, I^2 = c\,(I_a^2 + I_r^2), \qquad (32)$$

în care valoarea coeficientului c este determinată de parametrii constructivi ai laturii (de exemplu, în cazul unei laturi trifazice simetrice, $c = 3R$).

În ipoteza unei circulaţii de curent aleatorii, valoarea medie a pierderilor de putere activă în intervalul de timp pentru care se cunosc valorile medii ale celor două componente de curent se poate deduce pornind de la expresia (32) :

$$M[\Delta P] = c\{M\,[I_a^2] + M[I_r^2]\}. \qquad (33)$$

Cu ajutorul relaţiei (10), în final se obţine următoarea relaţie exactă de calcul :

$$M[\Delta P] = c\,\{(M\,[I_a])^2 + (M\,[I_r])^2 + + D[I_a] + D\,[I_r]\}. \qquad (34)$$

Avînd în vedere metoda liniarizării, respectiv relaţia (28), se poate deduce o relaţie aproximativă de calcul :

$$M[\Delta P] \simeq c\{(M[I_a])^2 + (M[I_r])^2\}. \qquad (35)$$

În comparaţie cu relaţia exactă (34), folosirea acestei ultime relaţii presupune o aproximaţie în minus, în cele mai multe cazuri, însă, practic neglijabilă, deoarece valorile dispersiilor sînt de regulă mult mai mici decît pătratele valorilor medii.

Valoarea medie a pierderilor de energie, în cazul unei funcţionări continue în intervalul de timp T — pentru care, cunoscîndu-se valorile medii şi dispersiile componentelor de curent, s-a determinat valoarea medie a pierderilor de putere — se pot estima folosind relaţia :

$$M[\Delta E] = T M[\Delta P]. \qquad (36)$$

Pentru determinarea expresiei dispersiei pierderilor de putere se va folosi metoda liniarizării. Ţinînd cont de relaţia (19) şi de faptul că :

$$\left(\frac{\partial\,(\Delta P)}{\partial I}\right)_m = 2\,c\,M\,[I],$$

în final se obţine :

$$D[\Delta P] = 4\,c^2\,\{(M\,[I_a]^2 D[I_a] + + (M\,[I_r])^2 D\,[I_r]\}. \qquad (37)$$

6. O aplicație a metodei propuse în lucrare la alegerea soluțiilor pentru reglajul tensiunilor

Pe baza elementelor prezentate în paragrafele anterioare, față de metodele clasice folosite în prezent, se poate propune o cale diferită pentru studiul analitic al regimurilor de tensiuni din stații și la consumatori.

Determinarea într-o primă etapă a unui regim convenabil de valori medii ale tensiunilor la noduri poate fi utilă, de exemplu, la stabilirea ploturilor cu care ar fi mai indicat să se lucreze la transformatoarele — presupuse fără reglaj sub sarcină — racordate la nodurile consumatoare și de alimentare.

Într-o a doua etapă calculul dispersiilor ar putea oferi indicații cu privire la ecartul de variație a tensiunilor în centrale, stații și la consumatori, studiindu-se apoi — dacă este cazul — măsurile practice care ar trebui luate pentru ca aceste ecarturi să se încadreze în limite acceptabile. Pentru stabilirea eficienței economice a soluțiilor comparate se recomandă folosirea metodicii propuse în [6].

Deoarece în rețelele de joasă și medie tensiune unghiul de decalaj între tensiunile nodurilor alăturate este relativ mic, în toate aceste cazuri componentele transversale, notate în lucrare prin β, pot fi de regulă neglijate (a se vedea și anexa 1).

Concluzii

1. Folosirea în studiile energetice a metodelor calculului probabilităților și ale statisticii matematice permite, între altele, estimarea întregului spectru probabil de regimuri ale unui sistem electroenergetic. În acest scop poate fi folosită metoda propusă în această lucrare și algoritmul respectiv de calcul prezentat în paragraful 3.

2. Posibilitatea de a determina, pentru tensiunile de la barele stațiilor și pentru curenții de pe linii, ecartul maxim de variație, precum și duratele medii probabile ale valorilor intermediare sau ale celor care ar ieși în afara limitelor maxime admise, poate contribui la o proiectare și o exploatare mai judicioasă, sub aspectul calității energiei electrice furnizate, a siguranței alimentării și, în ansamblu, a economicității instalațiilor electroenergetice.

3. În particular, dintre aplicațiile concrete ale metodei propuse, în paragraful 6 se sugerează o cale pentru alegerea ploturilor la transformatoare sau a altor soluții de reglare a tensiunii în centrale, stații și la consumatori.

4. Pentru utilizarea în calculele tehnicoeconomice comparative a rezultatelor care se pot obține prin aplicarea metodelor prezentate în lucrare, se recomandă folosirea metodicii propuse de școala energetică din Iași [6].

ANEXA 1

Exemplu de calcul

Se consideră cazul particular al rețelei din figura 1, cu o singură latură prin care se face alimentarea radială a unui consumator.

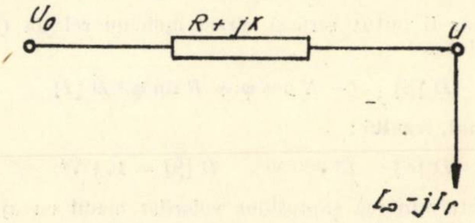


Fig. 1

Se va aplica algoritmul propus în paragraful 3, în cazul în care factorul de putere ar fi constant, între cele două componente ale curentului de sarcină existînd, prin urmare, o dependență funcțională.

Totodată se vor efectua calculele numerice, considerînd că alimentarea se face la o tensiune de 20 kV, printr-o linie aeriană trifazată de 10 km, puterea maximă fiind de circa 7 MVA, iar factorul de putere permanent constant avînd valoarea 0,8.

Caracteristicile liniei : $R = 4{,}5\ \Omega$; $X = 3{,}7\ \Omega$. Tensiunile fazice : nominală 11,5 kV ; aplicată, $U_0 = 12$ kV.

Caracteristicile curentului de sarcină	Mărimi relative	Valori de calcul
Valoarea maximă, I_{max}	1	200 A
Valoarea medie, $M[I]$	0,7	140 A
Abaterea medie pătratică, σ	0,1	20 A
Dispersia, $D[I]$	0,01	400 A^2

1. *Expresiile valorilor medii ale dispersiilor și covarianței celor două componente*

Deoarece

$$I_a = I \cos\varphi \text{ și } I_r = \sin\varphi,$$

rezultă că :

$M[I_a] = M[I]\cos\varphi$, iar $M[I_r] = M[I]\sin\varphi$; avînd în vedere relația (15), $D[I_a] = D[I]\cos^2\varphi$.

Expresia covarianței se poate deduce pe baza relației (24) :

$$K_{Ia,\,Ir} = D[I]\cos\varphi\sin\varphi.$$

2. *Relațiile de rezolvare deterministă a rețelei*

Tensiunea la bornele consumatorului $U = \alpha + j\beta$, în care :

$$\alpha = U_0 - R\,I_a - X\,I_r, \text{ iar } \beta = -X\,I_a + R\,I_r.$$

3. *Aplicarea aglorilmului propus în paragraful 3*

Se va avea în vedere că $d = R$ și $\delta = X$.

3.1. Determinarea expresiei covarianței variabilelor aleatorii α și β cu ajutorul relației (25).

Deoarece numărul curenților în funcție de care se exprimă tensiunea căutată este $k = 1$, conform relației (26) expresia covarianței va avea un număr de patru termeni :

$K_{\alpha\beta} = R\,X\,(D[I_a] - D[I_r]) + (-R^2 + X^2)\,K_{I_a,I_r}$

Înlocuind se obține :

$K_{\alpha\beta} = \{RX(\cos^2\varphi - \sin^2\varphi) + (-R^2 + X^2)\cos\varphi\sin\varphi\}\,D[I]$;

$K_{\alpha\beta} = 600\ V^2$.

3.2. Determinarea expresiilor dispersiilor cu ajutorul relaţiilor (16) şi (17) :

$$D[\alpha] = R^2 D\,[I_a] + X^2 D[I_r] + 2\,R\,X\,K_{I_a,\,I_r}.$$

Înlocuind şi restrîngînd, se obţine :

$$D\,[\alpha] = (R\cos\varphi + X\sin\varphi)^2\,D\,[I],$$

ceea ce s-ar fi putut scrie şi direct, aplicînd relaţia (15) la expresia lui α.

$$D\,[\beta] = (-\,X\cos\varphi + R\sin\varphi)^2\,D\,[I].$$

Calculînd, rezultă :

$$D\,[\alpha] = 13\,000\ \mathrm{V}^2;\quad D\,[\beta] = 104\ \mathrm{V}^2.$$

3.3. Determinarea expresiilor valorilor medii cu ajutorul relaţiilor (13) şi (14) :

$$M\,[\alpha] = U_0 - (R\cos\varphi + X\sin\varphi)\,M\,[I];$$

$$M\,[\beta] = (-\,X\cos\varphi + R\sin\varphi)\,M\,[I].$$

Calculînd, se obţine :

$$M\,[\alpha] = 11\,190\ \mathrm{V};$$

$$M\,[\beta] = 36{,}4\ \mathrm{V}.$$

3.4. Calculînd cu ajutorul relaţiei (23), în care se consideră $\beta = 0$, obţinem :

$$D\,[U] = D\,[\alpha] = 13\,500\ \mathrm{V}^2.$$

3.5. Analog, calculînd cu ajutorul relaţiei (12),

$$M\,[U] = M\,[\alpha] = 11{,}19\ \mathrm{kV}.$$

Abaterea medie pătratică a tensiunii, $\sigma_U = \sqrt{D\,[U]} = 116$ V, ceea ce reprezintă 1% din tensiunea fazică nominală.

Dacă o variabilă aleatorie are o repartiţie normală a probabilităţilor, atunci practic totalitatea valorilor întîmplătoare pe care aceasta le poate lua se grupează într-un interval avînd ca centru valoarea medie şi raza egală cu de trei ori mărimea abaterii medii pătratice. Admiţînd că tensiunea U ar avea o repartiţie normală, valorile ei s-ar abate de la valoarea medie cu cel mult ± 350 V.

Se poate conchide, deci, că alimentarea studiată în acest exemplu — dimensionată iniţial prin metoda clasică determinată la o pierdere de tensiune de maximum 10%— va funcţiona cu o valoare medie a pierderii de tensiune de 7% şi abateri probabile de cel mult ± 3%.

Probabilitatea unor pierderi de tensiune mai mari de 10% este de 1,4 promile, ceea ce corespunde unei durate medii de 12 ore pe an. Se mai poate aprecia, de exemplu, că un timp de peste 95% din durata de funcţionare, este de aşteptat ca abaterile tensiunii faţă de valoarea medie să nu depăşească ± 2%, menţinîndu-se deci în limitele a două treimi din ecartul maxim.

Cele două valori-frontieră ale intervalului de variaţie a tensiunii pot fi uşor verificate dacă se consideră că şi curentul de sarcină are o repartiţie normală, putînd lua valori în intervalul dintre 200 A şi, respectiv, 80 A. Trebuie menţionat, însă, că în practică ar trebui să se analizeze cu multă atenţie în ce măsură poate fi admisă ipoteza că curenţii de sarcină sau tensiunile la noduri ar avea o repartiţie normală a probabilităţilor.

4. *Pierderile de putere activă şi energie*

Valoarea medie a pierderilor de putere activă se calculează cu ajutorul relaţiei : $M\,[\Delta P] = 3R\{(M[I])^2 + D[I]\} = 270$ kW.

Pierderile anuale de energie, în cazul unei alimentări continue, vor fi în medie : $\Delta E = 270 \times 8760 = 2{,}36 \times 10^6$ kWh.

Dispersia pierderilor de putere, $D\,[\Delta P] = (6\,RM[I])^2\,D\,[I] = 572\ \mathrm{kW}^2$, iar abaterea lor medie pătratică, $\sigma_{\Delta P} = \sqrt{D[\Delta P]} = 75{,}6$ kW.

ANEXA 2

Estimarea valorilor medii, a dispersiilor şi a covarianţelor, pe baza datelor statistice

Avîndu-se în vedere faptul că, cel puţin în etapa actuală, cunoştinţele multor ingineri în domeniul calculului statistic sînt încă sumare, în această anexă se prezintă modul de calcul al caracteristicilor numerice ale unui ansamblu de variabile aleatorii. Se consideră că se dispune de măsurători făcute în cadrul a „n" experimente sau, respectiv, la extremităţile a „n-1" intervale de timp egale. Numărul de date statistice fiind întotdeauna limitat, nu se pot obţine decît valori estimative şi valabile doar pentru condiţiile în care s-au repetat experimentele, sau, respectiv, pentru condiţiile de funcţionare ale sistemului tehnic în perioada în care s-au făcut măsurătorile.

În cazul particular al multora dintre consumatorii unui sistem electric, avîndu-se în vedere alurile asemănătoare ale curbelor de sarcină zilnică, pot fi luate în considerare măsurătorile din cursul uneia sau — de preferinţă — mai multor zile. Totodată, însă, trebuie alese zile sau uneori numai părţi din zi, în care condiţiile de funcţionare ale consumatorilor sînt asemănătoare şi caracteristice regimului ce urmează a fi apoi studiat. În cele ce urmează se vor cita doar cîteva exemple de condiţii caracteristice care ar trebui avute în vedere : zile de lucru normale sau de sărbătoare, zile din diferite anotimpuri, anumite părţi din zile cu trafic mai mult sau mai puţin intens la căile ferate electrificate etc.

În esenţă, perioadele în care se fac măsurătorile şi durata acestor perioade trebuie alese cu multă grijă, avîndu-se în vedere pe de o parte parametrii specifici şi regimurile de funcţionare ale consumatorilor studiaţi, iar pe de altă parte scopul studiului electric care urmează a fi apoi efectuat pe baza datelor statistice obţinute.

Menţionăm că poate să prezinte importanţă şi alegerea corespunzătoare a duratei intervalelor succesive de timp, la care se repetă citirile direct pe aparate sau pe diagramele obţinute de la aparatele înregistratoare. Cu cît valorile variabilelor aleatorii studiate se modifică mai repede, pentru a se obţine estimări mai corecte ale caracteristicilor numerice căutate, este normal să se facă citiri mai dese.

Pentru scopul urmărit în această anexă, în cele ce urmează este suficient să se ia în considerare cazul ansamblului a două variabile aleatorii, x şi y. Acestea pot fi, de exemplu, valoarea componentei active I_a şi valoarea componentei reactive I_r ale curentului de o anumită secvenţă sau o anumită armonică, absorbit de un consumator. Pe baza măsurătorilor făcute la intervale egale de timp se consideră cunoscute perechile de valori x_k, y_k $(1 \leqslant k \leqslant n)$. În acest caz se pot folosi relaţii bine cunoscute din statistica matematică [3], [4].

Estimarea valorilor medii se face cu ajutorul mediilor aritmetice :

$$M[x] \approx \overline{m}_x = \frac{\sum\limits_{k=1}^{n} x_k}{n}; \tag{A.1}$$

$$M[y] \approx \overline{m}_y = \frac{\sum\limits_{k=1}^{n} y_k}{n}. \tag{A.2}$$

Pentru *estimarea dispersiilor şi a covarianţei* celor două variabile aleatorii este mai comod să se calculeze cu ajutorul următoarelor relaţii :

$$\overline{D}_x = \frac{\sum\limits_{k=1}^{n} x^2 - (\overline{m}_x)^2}{n-1}; \tag{A.3}$$

$$\overline{D}_y = \frac{\sum\limits_{k=1}^{n} y^2 - (\overline{m}_y)^2}{n-1}; \tag{A.4}$$

$$\overline{K}_{xy} = \frac{\sum\limits_{k=1}^{n} x_k\,y_k - \overline{m}_x\,\overline{m}_y}{n-1}. \tag{A.5}$$

Fără a mai intra în detalii, menţionăm că statistica matematică oferă şi metode de apreciere a încrederii ce se poate avea în valorile estimative obţinute pe baza datelor statistice.

Bibliografie

[1] Ailleret, P. *L'introduction de la mesure dans la notion de la qualité du service d'une distribution et son intérêt au point de vue de la conception des réseaux.* Bulletin de la Société Française des Electriciens, vol. VI, nr. 61, ianuarie 1956, p. 7—13.

[2] Marcovici, I. M. *Rejimî energheticeskih sistem.* Gosudarstvennoe Energheticeskoe Izdatelstvo, Moscova, 1963.

[3] Venţel, E. S. *Teoriia veroiatnostei.* Izdatelstvo Nauka, Moscova, 1964.

[4] *Smirnov*, N. V. şi Dunin—Barkovski, I.V. *Kratkii kurs matematiceskoi statistiki dlea tehniceskih prilojenii.* Fizmatghiz, Moscova, 1959.

[5] Feller, W. *An introduction to probability theory and its applications.* New York, John Wiley and Sons, London, Chapman and Hall.

[6] Poeată, A.I., Ivas, D. ş.a. *Contribuţii la întocmirea şi completarea modelului matematic pentru calculul siguranţei optime în alimentarea cu energie electrică.* Comunicare publicată cu prilejul Consfătuirii privind siguranţa în alimentarea cu energie electrică şi căldură a marilor consumatori industriali. Galaţi, oct. 1970.

(Articol intrat în redacţie la 13 iunie 1970)

Consideraţii cu privire la funcţionarea grupurilor turbogeneratoare cu presiune alunecătoare

Ing. T. Popa*)

1. Consideraţii generale

Funcţionarea grupurilor turbogeneratoare la sarcini parţiale este însoţită de creşterea consumului specific de căldură din cauza înrăutăţirii randamentului intern al treptei de reglaj, creşterea căderii prelucrate de această treaptă (care are un randament intern mai scăzut decît celelalte trepte) şi laminarea în ventilele de reglaj; funcţionarea la sarcini parţiale conduce şi la scăderea temperaturii de supraîncălzire intermediară a aburului.

În anul 1933, Gleichmann a făcut o propunere de funcţionare cu presiune alunecătoare [1], potrivit căreia presiunea aburului viu se reglează proporţional cu sarcina blocului. În acest fel nu mai este necesară o treaptă de reglaj cu randament intern scăzut, randamentul intern al turbinei rămîne practic constant la variaţia sarcinii, consumul de energie pentru pompa de alimentare scade şi se evită pierderile prin laminare în ventilele de reglaj, iar temperatura aburului în corpul de înaltă presiune şi temperatura de supraîncălzire intermediară rămîn practic constante. Randamentul termic scade, însă, din cauza micşorării căderii termice disponibile. Această metodă nu a fost aplicată imediat. Primele grupuri care funcţionează cu presiune alunecătoare au apărut în perioada 1950—1960. Este de presupus că întîrzierea în aplicarea presiunii alunecătoare s-a datorat următoarelor cauze :

— configuraţia schemei termice era necorespunzătoare pentru realizarea economiei de consum la pompele de alimentare (fiind necesare turbopompe alimentate din priza turbinei principale sau cel puţin electropompe echipate cu cuplaje hidraulice);

— valoarea relativ scăzută a presiunii iniţiale a aburului şi a puterii unitare, astfel încît variaţiile de sarcină nu ridicau probleme deosebite.

La presiuni mai mici, funcţionarea cu presiune constantă este în avantaj din punctul de vedere al consumului specific, după cum rezultă şi dintr-un calcul pentru un bloc cu presiunea nominală de 120 ata [2].

În ultimul timp, ca urmare a schimbărilor intervenite în schemele termice şi în alegerea parametrilor nominali, au fost puse în funcţiune numeroase blocuri de mare putere cu presiune alunecătoare.

În R.F. a Germaniei, în anul 1968 erau în funcţiune 25 blocuri de acest tip, cu o putere unitară pînă la 400 MW [3], iar în prezent există tendinţa de a construi în continuare astfel de blocuri. Au fost făcute aplicaţii în acest domeniu şi în S.U.A. [4] şi U.R.S.S. [5]. Dintre realizările mai importante este de semnalat blocul nr. 3 de 1000 MW din CTE Ravenswood, care funcţionează cu parametri alunecători.

Utilizarea pe scară largă a presiunii alunecătoare este în mare măsură şi o consecinţă a avantajelor ei de exploatare. Principalul avantaj derivă din cvasiconstanţa temperaturii în corpul de înaltă presiune al turbinei. În acest fel viteza admisibilă de variaţie a puterii este mare, fiind limitată numai de cazan şi anume de viteza de creştere a debitului de abur. La cazanele cu circulaţie multiplă variaţia presiunii conduce la diferenţe de temperatură în mantaua tamburului şi, deci, la limitarea vitezei de variaţie. Probabil că din acest motiv funcţionarea cu presiune alunecătoare s-a dezvoltat la blocurile echipate cu cazane cu străbatere forţată. Este de menţionat faptul că la modificarea presiunii aburului se modifică în mod sensibil şi raportul dintre căldura de vaporizare şi căldura de supraîncălzire (fig. 1), ceea ce conduce la complicarea construcţiei unui cazan cu tambur cu punct fix de separaţie între suprafaţa de preîncălzire-vaporizare şi suprafaţa de supraîncălzire.

---

*) Ing. Teodor Popa este director ştiinţific la ICENERG.

Pentru completarea consideraţiilor făcute se expun în continuare avantajele şi dezavantajele funcţionării cu presiune alunecătoare.

Prin reducerea temporară a presiunii se măreşte durata de funcţionare a elementelor supuse la temperatură ridicată. Prin scăderea presiunii la sarcini parţiale se creează condiţii mai bune de circulaţie în cazanele cu străbatere forţată, datorită unei căderi mai mari de presiune.

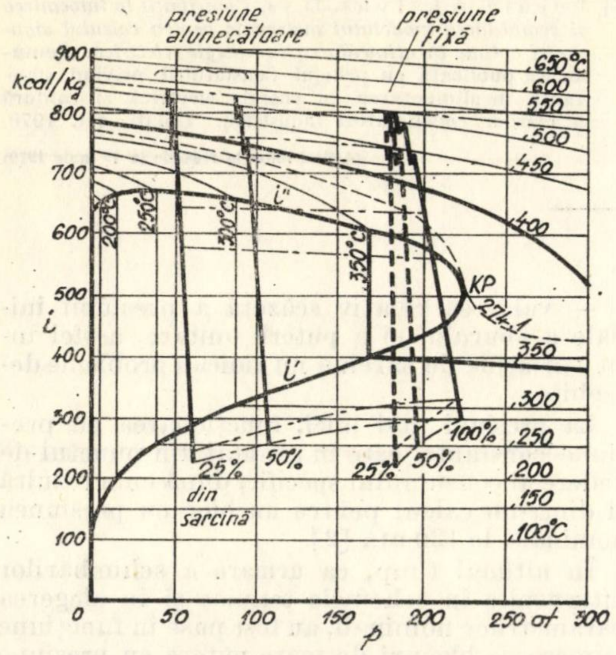


Fig. 1. Reprezentarea fenomenelor din cazan pentru presiune iniţială constantă şi alunecătoare.

Prin menţinerea unei căderi mici pe prima treaptă la toate sarcinile, partea finală a ajutajelor şi paletele sînt supuse unor eforturi mai mici, pot avea o construcţie mai puţin robustă şi un profil mai aerodinamic. Dimpotrivă la presiune iniţială constantă şi admisie parţială, la sarcini parţiale, paletele treptei de reglaj sînt supuse unor eforturi mari, care sînt mai periculoase şi datorită caracterului lor oscilatoriu.

În absenţa treptei de reglaj, a ventilelor de reglaj şi a sectoarelor, carcasa turbinei are o formă mai simetrică şi compactă, ceea ce permite realizarea unor interstiţii mai mici în labirinturile de pe partea de înaltă presiune.

Prin evitarea admisiei parţiale la sarcini parţiale se elimină pierderile corespunzătoare prin frecare şi ventilaţie.

Principalul dezavantaj al funcţionării cu presiune alunecătoare este întîrzierea în preluarea variaţiilor rapide de sarcină, cauzată de inerţia cazanului, spre deosebire de reglarea rapidă a puterii cu ventilele de reglaj. Acest inconvenient se înlătură prin utilizarea unui ventil de laminare la scăderea sarcinii şi a unui ventil de supraîncărcare la creşterea sarcinii, pentru durata necesară reglării parametrilor cazanului.

2. Consideraţii privind presiunea iniţială a aburului

Notaţii

$D\left[\frac{\text{kg}}{\text{h}}\right]$ — debit de abur;
$H\left[\frac{\text{kcal}}{\text{h}}\right]$ — cădere termică;
$\Delta H\left[\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}\right]$ — reducerea căderii termice prin prelevare pentru preîncălzire regenerativă;
$\Delta i_t\left[\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}\right]$ — căldură introdusă în ciclu;
$\Delta i_z\left[\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}\right]$ — căldură preluată prin supraîncălzire intermediară;
$\Delta p\left[\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}\right]$ — înălţime de ridicare;
$v\left[\frac{\text{dm}^3}{\text{kg}}\right]$ — volum specific;
w [kcal/kWh] — consum specific;
P [kW] — putere;
δ_q — spor relativ de consum specific raportat la consumul specific realizat la funcţionarea cu presiune constantă;
δ_i — diferenţa de cădere termică raportată la căderea totală;
δ_{pa} — diferenţa de energie de pompare raportată la puterea turbinei;
η_g — randamentul generatorului;
η_i — randamentul intern;
η_m — randamentul mecanic;
η_p — randamentul pompei de alimentare;
η_t — randamentul termic.

Indici

a — presiune alunecătoare;
ad — adiabată;
c — presiune constantă;
i — corp de înaltă presiune;
nom — nominal;
p — sarcină parţială;
pa — pompă de alimentare;
r — preîncălzire regenerativă;
w — apă de alimentare;
t — total.

În anumite situaţii, indicii prezentaţi apar grupaţi, cu semnificaţia aferentă fiecăruia dintre indicii utilizaţi.

Creşterea presiunii iniţiale a aburului favorizează funcţionarea cu presiune alunecătoare, prin creşterea economiei realizate la pomparea apei de alimentare şi prin reducerea diferenţei de cădere termică disponibilă între presiuni iniţiale diferite, datorită pantei mai mari a izotermelor în domeniul presiunilor ridicate. În acest capitol se prezintă rezultatele calculelor efectuate pentru un ciclu cu supraîncălzire intermediară la cinci presiuni iniţiale, şi anume : 110, 140, 180, 250 şi 300 at. Temperatura aburului primar şi a aburului intermediar a fost luată, pentru aceste exemple, de 550°C. Presiunea de calcul în condensator este de 0,04 at. Entalpia apei de alimentare şi presiunea de ieşire din corpul de înaltă presiune au fost admise pentru aceşti parametri după diagramele care sintetizează rezultatele unor calcule de optimizare a ciclului termic [6]. Calculele au fost efectuate pentru două prize luate înainte de supraîncălzirea intermediară şi opt prize după aceasta.

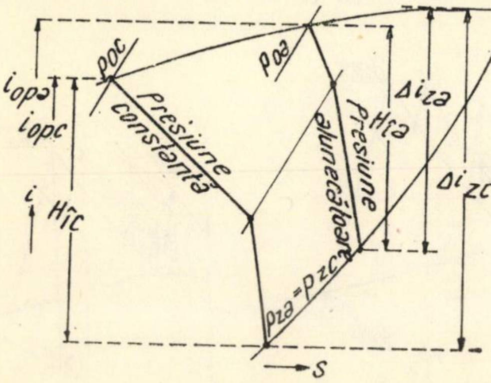


Fig. 2

Comparaţia între consumurile specifice a fost făcută la sarcina parţială de 50%.

Diferenţa relativă de consum specific între cele două metode de funcţionare a fost stabilită de Senger [2]:

$$\delta_q = \frac{w_a - w_c}{w_c};$$

$$\delta_q = \delta_{\hat{\imath}} (1 - \eta_{t,c} \cdot \eta_{i,c}) - \delta_{pa}, \tag{1}$$

în care, conform figurii 2,

$$\delta_{\hat{\imath}} = \frac{H_{\hat{\imath},c} - H_{\hat{\imath},a}}{\Sigma H_c}. \tag{2}$$

Termenul ΣH_c reprezintă acea diferenţă fictivă de entalpie care, împreună cu debitul total de abur, produce puterea turbinei, în condiţiile existenţei unor prelevări de abur pentru preîncălzirea regenerativă. După metoda indicată în [8] s-a calculat :

$$\delta_{pa} = \frac{P_{pa,c} - P_{pa,a}}{P_c}. \tag{3}$$

Relaţiile (1) şi (2) sînt stabilite în următoarele ipoteze simplificatoare :

a) În ambele procedee se realizează aceeaşi temperatură de supraîncălzire intermediară şi, în consecinţă, destinderea în corpul de joasă presiune este identică.

b) Toate prizele de preîncălzire regenerativă sînt situate după supraîncălzirea intermediară. (În calculele efectuate s-a ţinut însă seama şi de existenţa a două prize înainte de supraîncălzirea intermediară.)

Din aceste ipoteze rezultă că este suficient, pentru comparaţie, să se examineze rezultatele destinderii în corpul de înaltă presiune. Calculele de comparaţie au fost făcute ţinînd seama de prima ipoteză, care poate fi reală în cazul utilizării unor metode adecvate, aşa cum s-a arătat în consideraţiile generale.

Ipoteza a doua nu a mai fost preluată şi au fost efectuate calculele de completare necesare. În conformitate cu [2] :

$$H_{\hat{\imath},c} - H_{\hat{\imath},a} = \Delta i_{t,c} - \Delta i_{t,a}, \tag{4}$$

sau, dezvoltat :

$$H_{\hat{\imath},c} - H_{\hat{\imath},a} = (\Delta i_{zc} - \Delta i_{za}) - (i_{opa} - i_{opc}) - \\ - i_{wp} + i_{wp}. \tag{5}$$

Dacă se prevăd prize în corpul de înaltă presiune, atunci :

$$(H_{\hat{\imath},c} - \Delta H_{i,c}) - (H_{i,a} - \Delta H_{i,a}) = (\Delta i_{zc} - \Delta i_{za}) \cdot \\ \cdot \left(1 - \frac{D_{r(\hat{\imath})}}{D}\right)(i_{opa} - i_{opc}) - i_{wpc} + i_{wpa}. \tag{6}$$

Admitem $\Delta H_{\hat{\imath},c} \approx \Delta H_{\hat{\imath},a}$ şi notăm :

$$\Delta i_{zp} = (\Delta i_{zc} - \Delta i_{za}) \frac{D_{r(\hat{\imath})}}{D}; \tag{7}$$

$$\Delta i_{wp} = i_{wpa} - i_{wpc}. \tag{8}$$

Rezultă :

$$\delta_q = \delta_{\hat{\imath}} (1 - \eta_{t,c}\, \eta_{i,c}) - \delta_{pa} + \frac{\Delta i_{zp} - \Delta i_{wp}}{\Sigma H_c} \eta_{t,c}\, \eta_{i,c}. \tag{9}$$

Din calcule a reieşit că noul termen introdus are o valoare relativ redusă în comparaţie cu primii doi.

Randamentul intern al treptei de reglaj (considerată cu două coroane) a fost admis cu valoarea 0,67 pentru sarcina nominală şi s-a avut în vedere variaţia acestuia la sarcini parţiale*). Randamentul intern al celorlalte trepte a fost admis 0,85 la orice sarcină.

Turbina construită pentru funcţionarea cu presiune alunecătoare a fost considerată fără treaptă de reglare şi cu un randament intern de 0,85 pentru toate treptele.

Datele necesare pentru calculul valorii δ_q din ecuaţia (8) au fost stabilite prin calculul ciclului termic, cu ajutorul unei metode simplificate [7], pentru fiecare grupă de parametri iniţiali.

---

*) După relaţia de calcul stabilită de Titus Grecu.

Termenul δ_{pa} a fost calculat din relaţia :

$$\delta_{pa} = \frac{0{,}028\,(\Delta p_c \cdot v_c - \Delta p_a \cdot v_a)}{\Sigma H_c \cdot \eta_m\ \eta_g\ \eta_p}. \qquad (10)$$

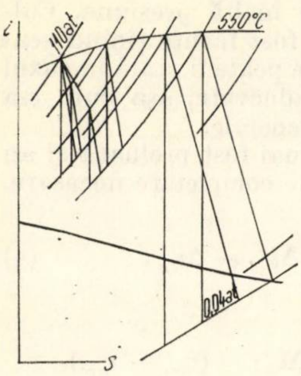


Fig. 3

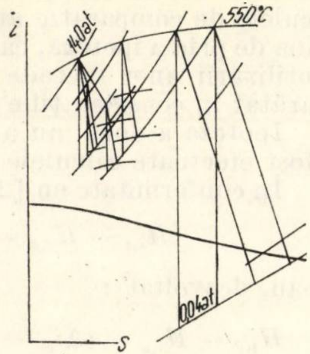


Fig. 4

Destinderea aburului este reprezentată în figurile 3, 4, 5, 6 şi 7.

Rezultatele calculelor sînt concentrate în tabel şi sînt reprezentate grafic în figura 8.

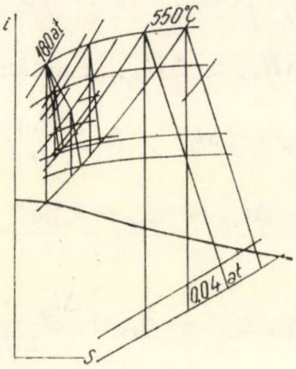


Fig. 5

Rezultatele calculelor arată că, în jurul presiunii de 200 ata, consumul specific net de căldură la sarcina de 50 % (admiţînd că acesta corespunde unui punct de deschidere a unui ventil de reglaj) este egal la funcţionarea cu presiune constantă şi la funcţionarea cu presiune alunecătoare. La presiuni mai mari, avantajul este de partea presiunii alunecătoare, diferenţa fiind sensibilă, astfel încît efectul total este mare pentru un bloc de mare putere. Este de menţionat faptul că în calcule a fost admisă o valoare ridicată pentru randamentul intern al treptei de reglaj, şi anume 0,67. Pentru valorile obişnuite, de 0,63 — 0,64, limita inferioară a presiunilor, la care presiunea alunecătoare devine avantajoasă, scade.

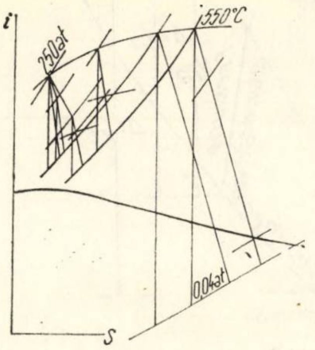


Fig. 6

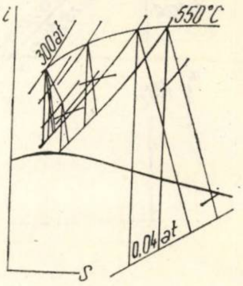


Fig. 7

În concluzie, se constată că, la presiunile iniţiale adoptate în prezent pentru blocurile energetice, presiunea alunecătoare reprezintă o soluţie avantajoasă din punctul de vedere al consumului de căldură. În acelaşi timp, este raţional să se ţină seama şi de avantajele de exploatare pe care le aduce. De asemenea, trebuie avut în vedere şi faptul că procedeul este adecvat pentru blocurile echipate cu cazane cu străbatere forţată, ceea ce prezintă interes pentru ţara noastră, în care sînt în construcţie astfel de cazane de mare debit.

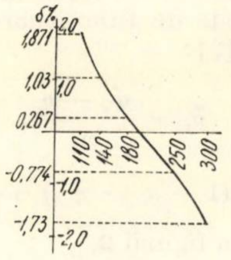


Fig. 8

p_0 [ata]	$H_{tc} - H_{ta}$ $\left[\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}\right]$	ΣH_c $\left[\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}\right]$	$\eta_{tc} \cdot \eta_{ic}$	δ_t	δ_{pa}	$\frac{\Delta i_{zp} - \Delta i_{wp}}{\Sigma H_c}\,\eta_{tc}\eta_{ic}$	δ_q [%]
110	12,5	304,5	0,421	0,0238	0,00675	+ 0,00166	+ 1,871
140	10	308	0,434	0,0184	0,00866	+ 0,00056	+ 1,03
180	8	305	0,443	0,0146	0,01133	− 0,0006	+ 0,267
250	4,5	295	0,455	0,0083	0,0165	+ 0,00046	− 0,774
300	2	286	0,459	0,00378	0,0208	− 0,00032	− 1,73

Bibliografie

[1] Gleichmann, H. *Neues vom Bensonkessel*. Archiv fur Wärmewirtschaft , 1933, p. 145—147.

[2] Senger, U. *Bietet das „Gleitdruck — Verfahren" Vorteile*? Brennstoff-Wärme-Kraft, 1954, nr. 6, p. 197—205.

[3] Trassl, W. *Supercritical Units for peak load operation*. Electrical Review, 29, nov. 1968, p. 789—793.

[4] Lovejoy, S.W., Brandon, R.E. şi Blakeslee, C.E. *Improved station heat rate with variable pressure operation*. Combustion, 1962, nr. 6, p. 32—38.

[5] Girsfeld, I., Kniazev, A., Sokolovskaia, E. *Eksperimentalnoe sravnenie teplovoi ekonomicinosti bloka 200 MW pri rabote s postoiannîm i skolziaşcem davleniem*. Teploenerghetika, 1967, nr. 4, p. 10—15.

[6] Knizia, K. *Die Thermodynamik des Dampfkraftprozesses*. Springer Verlag, 1966.

[7] Panzer, H. *Näherungsverfahren zur Bestimmung der Kenngrössen von Dampfturbinenanlagen mit regenerativer Speisewasservorwärmung*. Brennstoff-Wärme-Kraft, 1960, nr. 9, p. 380—389.

[8] Popa, T. *Oportunitatea economică a funcționării blocurilor cu parametri alunecători*. Referat la Institutul politehnic Bucureşti, 1970.

[9] Buchner, H., Biermann, F. şi Zellmer, W. *Massnahmen zur Erhohung der Betriebsicherheit und Wirtschaftlichkeit grosser Kraftwerkblöcke*. BWK, nr. 12, 1965, p. 582—586.

(Articol intrat in redacție la 30 octombrie 1970)

◆

Alegerea capacității și a caracteristicilor turnurilor de răcire care funcționează în regim variabil

Conf. ing. C. Moţoiu[*]

Nivelul mai coborît al temperaturii apei rîurilor față de temperatura apei răcite în turnuri de răcire generează interesul deosebit de a folosi, ori de cîte ori este posibil, apa de rîu ca sursă rece a centralelor termoelectice cu abur.

În figura 1 este prezentată corelația statistică stabilită între temperatura apei din rîurile interioare din România și temperatura aerului [1], comparativ cu temperaturile uzuale la turnurile de răcire moderne.

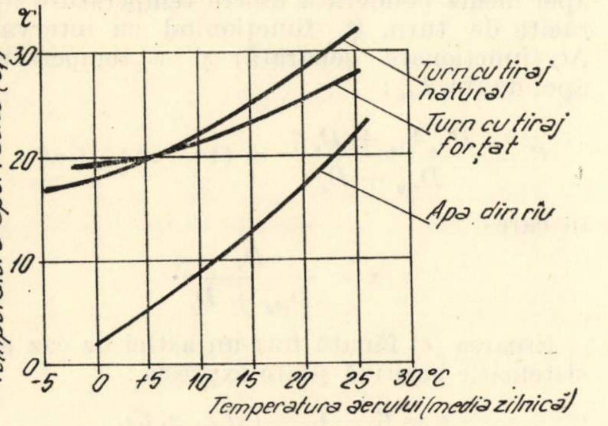


Fig. 1. Corelaţia între temperatura apei rîurilor şi temperatura aerului.

În mod sistematic, regimul de curgere al rîurilor interioare ale ţării noastre se prezintă în anul hidrologic mediu cu o curbă de debite conform figurii 2, cu două perioade accentuate de debite minime, şi anume :

— iarna în perioada înghețului (ianuarie — februarie) ;

— la finele verii, în perioada secetoasă (iulie — octombrie).

La scara actuală a puterilor instalate în centralele electrice cu condensație, practic nici o apă curgătoare din ţară, cu excepția Dunării, nu poate satisface integral debitele de răcire necesare, astfel încît trebuie să se apeleze la soluţii de completare a capacității de răcire, folosind scheme de tipul mixt, cu turnuri de răcire. Aceste scheme constituie o particularitate a instalaţiilor energetice din România, unde practic totalitatea centralelor electrice cu condensație construite sau în curs de construire pe amplasamente apropiate de rîurile interioare folosesc în etapa finală de dezvoltare răcirea în circuit mixt (CTE Doicești, Paroşeni, Fîntînele, Luduş, CET Craiova — partea de condensație, CTE Deva — etapa finală, Rovinari)·

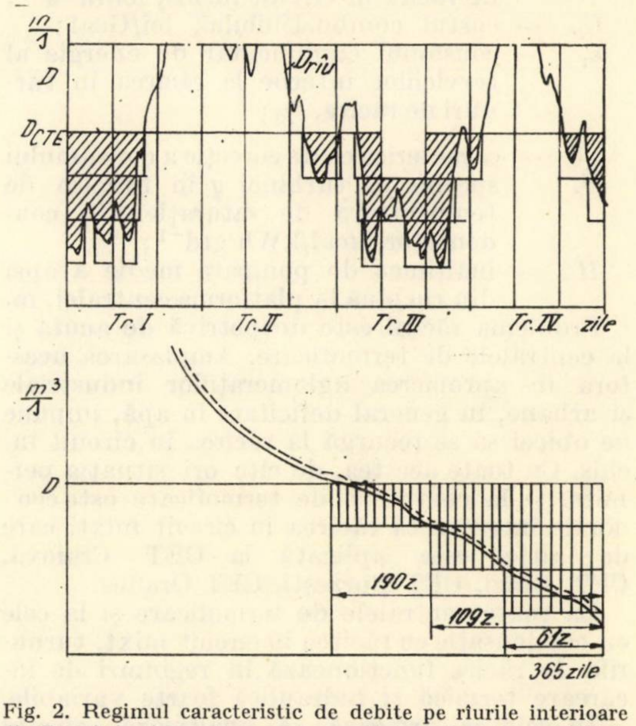


Fig. 2. Regimul caracteristic de debite pe rîurile interioare din România și funcționarea turnurilor de răcire la o CTE de condensație cu răcire mixtă.

---

[*] Conf. ing. Costin Moțoiu lucrează la Institutul politehnic Bucureşti.

Calculele tehnico-economice anterioare au scos în evidență că, în condițiile țării noastre, dacă pomparea apei de la rîu la centrală nu depășește 10 m, aplicarea circuitului mixt este interesantă chiar pentru asigurări ale debitului de 100—120 zile/an.

Asigurarea minimă a debitului rîului, n_r^{min}, peste care devine mai avantajoasă răcirea în circuit mixt, în locul celei în circuit închis, este dată de o relație de forma :

$$n_r^{min} = f\left(n_P,\ i_d,\ i_i,\ C_B,\ \varepsilon_i,\ \frac{\delta_q}{\delta t_s};\ H\right), \qquad (1)$$

în care :

n_P este durata de utilizare anuală a puterii instalate, h/an ;
i_d — investiția specifică pentru instalația de răcire în circuit deschis, lei/m³ s⁻¹ ;
i_i — investiția specifică pentru instalația de răcire în circuit închis, lei/m³ s⁻¹ ;
C_B — costul combustibilului, lei/Gcal ;
ε_i — consumul suplimentar de energie al serviciilor interne la răcirea în turnuri de răcire, % ;
$\frac{\delta_q}{\delta t_s}$ — caracteristica de corecție a consumului specific al turbinei q în funcție de temperatura de saturație din condensator, kcal/kWh grd⁻¹ ;
H — înălțimea de pompare medie a apei din rîu pînă la platforma centralei, m.

Problema răcirii este deopotrivă de acută și la centralele de termoficare. Amplasarea acestora în apropierea aglomerațiilor industriale și urbane, în general deficitare în apă, impune de obicei să se recurgă la răcirea în circuit închis. Cu toate acestea, de cîte ori situația permite, și la centralele de termoficare este economic interesantă răcirea în circuit mixt, care de altfel este aplicată la CET Craiova, CET Brazi, CET Borzești, CET Oradea.

La toate centralele de termoficare și la cele cu condensație cu răcirea în circuit mixt, turnurile de răcire funcționează în regimuri de încărcare termică și hidraulică foarte variabile.

În cele ce urmează se analizează efectul acestor regimuri de lucru asupra concepției de dimensionare a turnurilor de răcire și a alegerii raționale a tipului și a performanțelor lor.

Funcționarea turnurilor de răcire la centralele cu condensație cu răcire mixtă

Centralele electrice cu condensație funcționează cu un debit de răcire practic constant în tot timpul anului, cu unele reduceri periodice corespunzătoare unităților aflate în opriri programate pentru revizii și reparații. La blocurile mari din sistem aceste perioade se suprapun peste lunile de vară, coincizînd cu perioada debitelor minime de apă pe rîu. Cum în centralele moderne blocurile sînt instalate în perechi (în fază finală 4 sau 6), în actualele condiții de disponibilitate în exploatare, cu deschiderea turbinei o dată la 2—3 ani, rezultă că micșorarea debitului de răcire devine sistematică și are loc pe o durată de 30—60 zile anual.

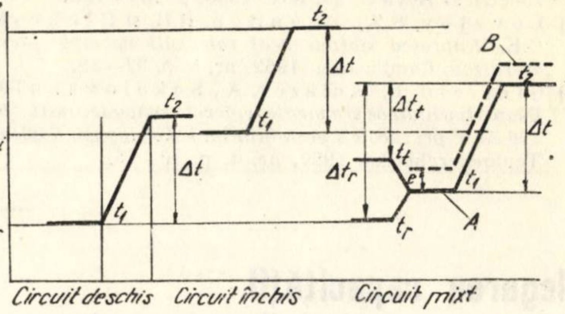


Fig. 3. Diagramele de temperatură la răcirea în circuit deschis, închis și mixt.

În figura 2 sînt arătate perioadele și debitele de funcționare ale turnurilor de răcire pentru o CTE cu patru unități și un debit minim de apă pe rîu $D_r = \frac{1}{4} D_{tot}$, avînd asigurată răcirea în circuit deschis circa 175 zile/an.

Din cauza amestecului, temperaturile apei de răcire (calde și reci) sînt mai coborîte decît atunci cînd răcirea s-ar face exclusiv în circuit închis, iar intervalul de răcire în turn, Δt_t, este mai mic decît intervalul de încălzire a apei de răcire, Δt_r, după cum se poate urmări în diagrama de temperatură din figura 3.

Calculul temperaturii amestecului se face prin iterație, conform schemei din figura 4.

În mod obișnuit, pentru simplificarea calculului, se poate accepta drept temperatură a apei media ponderată dintre temperatura apei răcite de turn, t_t^x, funcționînd cu intervalul Δt_r (funcționare separată) și a temperaturii apei de rîu, $t_{rîu}$:

$$t_1^x = \frac{D_{rîu}\, t_{rîu} + D_t\, t_t^x}{D_{rîu} + D_t} = (1 - \alpha)\, t_{rîu} + \alpha t_t^x, \qquad (2)$$

în care

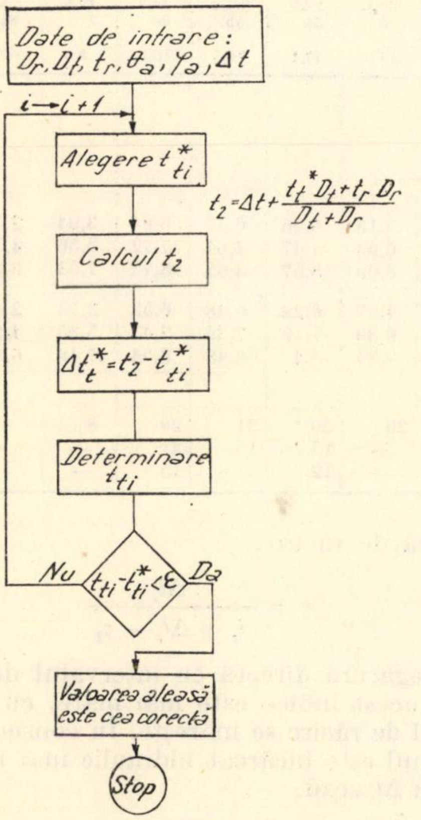
$$\alpha = \frac{D_t}{D_{rîu} + D_t}.$$

Eroarea (e) făcută într-un astfel de caz este sistematic pozitivă și are expresia :

$$e = t_1^x - t_1 = f\,(t_{rîu},\ \alpha,\ t_t^x). \qquad (3)$$

Mărimea erorii e este pusă în evidență în figura 3 prin diferența dintre linia întreruptă B și linia plină A.

Dacă pentru turnurile hiperbolice de răcire cu tiraj natural cu sistem de răcire pelicular se folosesc diagramele de răcire de tipul celor întocmite în U.R.S.S. de LOTEP, care definesc temperatura apei răcite, t_{0t}, în funcție de densitatea de stropire, q (m³/m² h), şi de intervalul de răcire, Δt_t (grad), pentru temperatura şi umiditatea de calcul standard şi o corectează cu o diferenţă de temperatură, y, dependentă exclusiv de parametrii aerului, temperatura t_{aer}, în °C, şi umiditatea relativă φ, în %, se poate scrie :



Date de intrare: $D_r, D_t, t_r, \theta_a, \varphi_a, \Delta t$
$i \to i+1$
Alegere t^*_{ti}
$t_2 = \Delta t + \frac{t_t^* D_t + t_r D_r}{D_t + D_r}$
Calcul t_2
$\Delta t^*_t = t_2 - t^*_{ti}$
Determinare t_{ti}
Nu
$t_{ti} - t^*_{ti} < \varepsilon$
Da
Valoarea aleasă este cea corectă
Stop

Fig. 4. Iteraţia pentru definirea temperaturii apei răcite de turn, t_t.

$$t_t = t_{0t} + y = f(q, \Delta t) + y. \qquad (4)$$

Pentru domeniul uzual de temperaturi care apar la răcirea centralelor electrice, expresia se pate simplifica sub forma :

$$t_t = A + Bq + C\Delta t + Dq\,\Delta t + y. \qquad (4')$$

După încercările de calcul efectuate pentru turnurile cu suprafaţă de 1500 m² şi cu înălţimea coşului de 55 m, relaţia este următoarea :

$$t_{0t} = 23{,}75 + 0{,}65q + \Delta t\,(0{,}1 + 0{,}025q) \qquad (5)$$

$$y = -\,7{,}9 + \left[\left(2\frac{\varphi}{100}\right) + \frac{1}{2}\left(1 - \frac{\varphi}{100}\right)^2\right]\left(\frac{t_{aer}}{10}\right)^2. \qquad (6)$$

Abaterile faţă de valorile citate în diagramă sînt mai mici decît 0,2 grd pentru încărcări $q = 4 - 8$ m³/m²h şi decît 0,3 grd pentru încărcări $q > 8$ m³/m²h, ceea ce este suficient, ţinînd seama de faptul că influenţa diferiţilor factori constructivi ai turnului poate produce abateri mult superioare.

Efectuînd calculele, se deduce că eroarea e din (3) are următoarea valoare :

$$e = \frac{\alpha\,(1-\alpha)\,B\,(q+c)}{1 + (1-\alpha)\,B\,(q+c)}\,(t^x_t - t_{r\hat{\imath}u}) = $$
$$= K\,(t^x_t - t_{r\hat{\imath}u})\ \ [\text{grd}]. \qquad (7)$$

Pentru valorile coeficienţilor daţi în expresia (5), valoarea factorului K este calculată în diagrama din figura 5.

Intervalul efectiv de răcire în turn se deduce din diferenţa temperaturilor t_1 şi t_2 :

$$\Delta t_t = t_2 - t_t = t_1 + \Delta t - t_t \qquad (8)$$

$$\Delta t_t = \Delta t + (1-\alpha)\,t_{r\hat{\imath}u} + \alpha\,t_t - t_t, \qquad (8')$$

dînd valorile lui t_t după (4') şi explicitînd în funcţie de Δt,

$$\Delta t_t = \frac{\Delta t + (1-\alpha)\,t_{r\hat{\imath}u} - (1-\alpha)\,(A + y)}{1 + (1-\alpha)\,(q+c)\,B}. \qquad (9)$$

Pentru cazul turnurilor care răspund la valorile numerice ale relaţiilor (5) şi (6), calculul diferenţelor de temperatură pentru un exemplu care corespunde condiţiilor atmosferice medii lunare din cîmpia dunăreană şi temperaturilor rîurilor de şes din această zonă este indicat în tabelul 1.

În exemplu a fost adoptat un interval de încălzire a apei în condensator $\Delta t = 10$ grd, s-au admis două încărcări specifice pentru turnurile de răcire, 6 m³/m²h şi 8 m³/m²h, şi trei proporţii pentru cota de apă răcită în circuit închis, $\alpha = 0{,}25$, 0,5 şi 0,75. Turnurile cu tiraj natural corespund unor temperaturi ale apei răcite pentru $\Delta t = 10$ grd, $t = 15$°C,

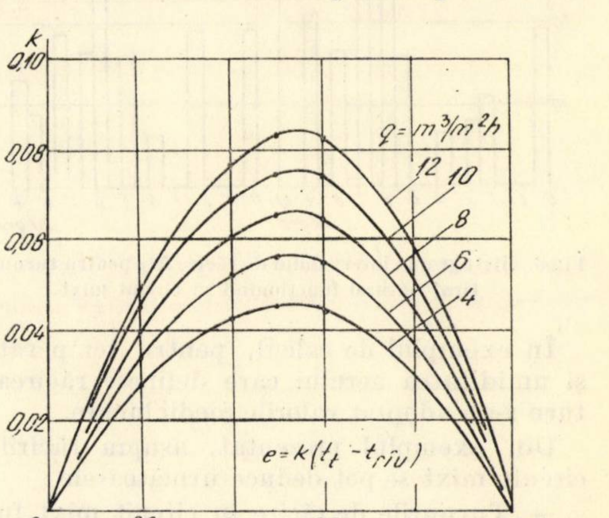


Fig. 5. Curba de corecţie a mărimii K pentru răcirea în circuit mixt.

Tabelul 1

Funcţionarea răcirii în circuit mixt. Parametrii externi ai aerului şi ai apei din rîu

		LUNILE											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Temperatura apei din rîu, $t_{rîu}$°C		1,5	1,8	4,7	10,6	16,3	20,0	23,5	23,5	19,5	13,9	9,8	3,6
Temperatura aerului, t_{aer}°C		−2,8	−0,7	+ 5	11,4	16,1	20,6	22,9	22,3	18,1	11,9	5,3	0
Umiditatea relativă, %		85	81	71	61	60	60	56	55	60	71	81	86
Temperatura termometrului umed, °C		−3,2	−1,1	+ 3	7,9	12,5	15,3	17,1	16,5	13,5	9,3	+3,9	−0,9
Intervalul de răcire cu tiraj natural, *t*													
Încărcarea turnului :	α												
$q = 6$ m³/m²h	0,25	0,1	0,1	0,32	0,29	4,22	5,15	6,56	6,73	6,84	3,94	2,58	0,40
	0,50	2,40	2,40	2,60	4,35	5,76	6,64	7,47	7,64	7,72	5,56	4,56	2,55
	0,75	5,78	5,78	5,88	6,85	7,64	8,00	8,57	8,65	8,75	7,53	6,96	5,86
$q = 8$ m³/m²h	0,25	0,1	0,1	0,3	2,17	4	4,87	6,22	6,38	6,52	3,74	2,45	0,38
	0,50	2,31	2,31	2,50	4,19	5,54	6,39	7,19	7,35	7,43	5,35	4,39	2,46
	0,75	5,65	5,65	5,75	6,7	7,48	7,85	8,4	8,48	8,54	7,48	6,82	5,74
	α												
Numărul de zile în care are loc funcţionarea în circuit mixt	0,25	31	20	—	—	—	20	20	31	29	8	—	31
	0,50	31	17	—	—	—	—	15	15	21	—	—	10
	0,75	24	10	—	—	—	—	12	—	15	—	—	—

$\varphi = 70\,\%$ ($\tau = 12$ grd) de : $t_t = 26{,}3$°C pentru $q = 6$ m³/m²h şi $t_t = 27{,}3$°C pentru $q = 8$ m³/m²h.

Histograma diferenţelor de temperatură, Δt_t, pentru turnurile de răcire considerate şi curba clasată a acestora sînt indicate în figurile 6 şi 7.

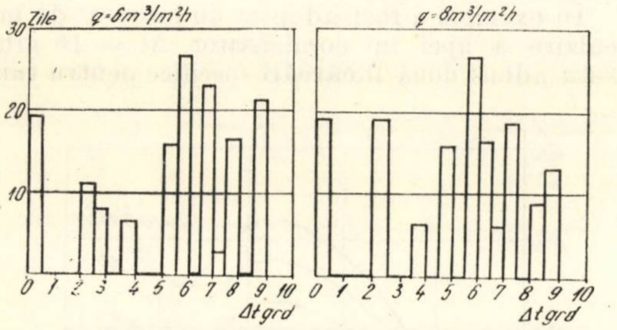


Fig.6. Histograma intervalului de răcire Δt_E pentru turnuri cu tiraj natural funcţionînd în circuit mixt.

În exemplul de calcul, pentru temperatura şi umiditatea aerului care definesc răcirea în turn s-au adoptat valorile medii lunare.

Din exemplul prezentat, asupra răcirii în circuit mixt se pot deduce următoarele :

— Turnurile de răcire în circuit mixt funcţionează cu intervale de răcire mult mai reduse decît intervalul de încălzire a apei în condensator, mai ales în lunile reci ale anului şi pentru proporţii de participare α reduse. Indicele de calitate al răcirii turnului, definit după standardul german DIN 1947, ediţia 1951, ca raportul dintre intervalul de răcire şi diferenţa de temperatură între apa caldă şi limita teoretică de răcire :

$$\varepsilon = \frac{\Delta t_t}{t_t + \Delta t_t - \tau_1} \qquad (10)$$

are o legătură directă cu intervalul de răcire. Cu cît acest indice este mai mare, cu atît intervalul de răcire se măreşte. În consecinţă, cu cît turnul este încărcat hidraulic mai mult, cu atît ε şi Δt_t scad.

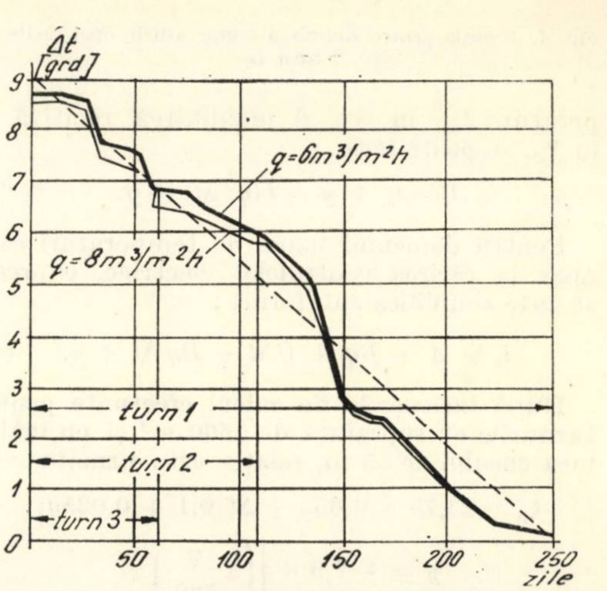


Fig. 7. Curba clasată a intervalului de răcire Δt_t în condiţiile din figura 6.

— Vara, la turnurile de răcire cu tiraj forţat, funcţionînd în circuit mixt, intervalele de răcire vor fi mai mari decît la turnurile cu tiraj natural. Această situaţie este pusă în evidenţă şi de măsurătorile de temperatură efectuate în exploatare la CTE Luduş şi se datoreşte faptului că, la temperaturi ambiante ridicate, turnurile cu tiraj forţat asigură o temperatură mai mică a apei răcite avînd un indice ε mai bun.

— Pentru exemplul ales, care se situează la limita superioară de temperatură a apei din rîu (în condiţiile din România), intervalul de răcire este sistematic sub 9 grd şi practic scade liniar pînă la 0.

Pentru orice altă situaţie în care temperatura apei din rîu este mai coborîtă, intervalele de răcire se reduc mai mult, după cum rezultă din (9).

— Cu cît participaţia turnurilor la răcire este mai mică, intervalul de răcire al acestora este mai redus.

— Dacă intervalul de încălzire în condensator se găseşte sub valoarea de 10 grd, adoptată în exemplu, intervalul de răcire al turnului scade sub cel din tabel în proporţia dedusă din expresia (9), şi anume :

$$\Delta t_t^x = \Delta t_t^{10} - \frac{10 - \Delta t}{1 + (1 - \alpha)(q + c) B} [\mathrm{grd}]. \qquad (11)$$

Intervalele de răcire la turnurile de răcire vor fi deci şi mai reduse, dacă valoarea nominală a încălzirii în condensator este mai mică (aşa cum se întîlneşte în mod curent la blocurile de condensaţie destinate răcirii în circuit deschis, unde $\Delta t = 8 - 8{,}5$ grd). În aceste cazuri ele nu depăşesc 7 — 7,5 grd. Intervalele de răcire vor fi şi mai mici la sarcini parţiale, curbele din figurile 6 şi 7 reprezentînd situaţia-limită de la o centrală electrică funcţionînd numai la sarcină plină.

Criterii de alegere a turnurilor pentru răcirea în circuit mixt

Analiza regimului de funcţionare a turnurilor de la centralele cu condensaţie cu răcirea în circuit mixt trebuie să fie făcută pentru fiecare caz în parte, deoarece dimensionarea turnurilor pentru intervalul nominal de încălzire din condensator nu apare ca o ipoteză realistă, iar alegerea unor încărcări q uzuale este departe de a constitui optimul problemei. În astfel de cazuri turnul de răcire constituie o instalaţie cu număr redus de ore de utilizare, deci la alegerea economică a performanţelor sale este nevoie să se aibă în vedere criteriile aplicate instalaţiilor de vîrf, la care factorul predominant este reducerea investiţiilor.

Turnurile de răcire urmează a fi alese deci cu încărcări hidraulice q mai mari decît în cazul răcirii în circuit închis, astfel încît cel puţin încărcarea termică să fie menţinută aceeaşi.

Aşadar, drept încărcare hidraulică minimă este de considerat :

$$q_m = q_i \frac{\Delta t_t^{calcul}}{\Delta t} \qquad (12)$$

în care i este circuit închis, iar m circuit mixt.

Funcţionarea în lunile reci ale anului nu este semnificativă pentru dimensionarea turnurilor de răcire în circuit mixt şi influenţează puţin rezultatul economic, din următoarele motive :

— Temperatura coborîtă a apei de răcire, între 1 şi 4°C, permite să se facă un amestec cu apă caldă la ieşirea din condensator, majorînd debitul utilizabil al rîului. Temperatura minimă acceptată la condensator este, de la caz la caz, cuprinsă între 5 şi 10°C (fig. 2).

— Turnul de răcire lucrează departe de condiţiile normale, iar diferenţa între temperatura apei răcite şi limita termometrului umed este mărită (eficienţa ε redusă). În amestecul dintre apa rîului şi apa răcită în turnuri se constată că, în asemenea cazuri, turnului de răcire îi revine un interval de răcire deosebit de redus. Se pune chiar întrebarea dacă efectul turnului compensează energia suplimentară de pompare.

— În cazul turnurilor cu tiraj forţat se funcţionează cu ventilatoarele oprite, ceea ce schimbă complet caracteristica de funcţionare a acestora, aducînd-o deasupra caracteristicii turnurilor cu tiraj natural.

— Independent de tipul turnurilor, dar în special la turnurile cu tiraj natural, pentru a preîntîmpina formarea gheţii la intrarea în turn sînt montate paravane, ceea ce modifică fundamental rezistenţa de trecere a aerului. Mărirea încărcării hidraulice, adică a densităţii de stropire, are drept efect majorarea rezistenţei aerodinamice a drumului aerului. Micşorarea intervalului de răcire, Δt_t, şi coborîrea lui pe scara termometrică au ca efect reducerea temperaturii aerului şi deci a tirajului.

Ambele consecinţe ale funcţionării în circuit mixt sînt dezavantajoase pentru turnurile cu tiraj natural, pentru care rezultă, deci în alternativă :

— necesitatea înălţării coşului de tiraj, ceea ce este neraţional, mai ales din punct de vedere constructiv şi al investiţiilor ;

— considerarea în calculul turnurilor a unui debit de aer mai redus, adică acceptînd că aerul atinge umiditatea de 100% înainte de a ieşi din sistemul de răcire. Această ultimă ipoteză este singura raţională în dimensionarea turnurilor de răcire pentru centralele cu condensaţie, la care pentru variantele ce urmează a se compara economic sînt de considerat rapoarte de debite :

$$\lambda = (0{,}5 \ldots 0{,}7)\, \lambda_{in}, \qquad (13)$$

în care :

$$\lambda = \frac{\textit{debitul de aer}}{\textit{debitul de apă de răcire}};$$

$$\lambda_{tn'} = \frac{\Delta t_t}{K\,(i_2 - i_1)}\,\frac{t_2 - t_t}{K\,(i_2 - i_1},$$

în care :

i_2 este entalpia aerului la ieşire din turn;
i_1 — entalpia aerului la intrarea în turn;
K — coeficient de corecţie cu valoarea aproximativă $1 - 0{,}015\ t_t$.

În figura 8 este redată, după Mikyska [3], corelaţia dintre rezistenţa aerodinamică, ξ, înălţimea coşului de tiraj, *H*, şi raportul λ pentru condiţii constante de răcire.

Turnurile cu tiraj forţat răspund în condiţii mai bune cerinţelor funcţionării în circuit mixt, deoarece asigură prin ventilator debitul de aer tocmai în condiţiile cele mai grele de tiraj, vara, cînd se cere, din punctul de vedere al debitului de apă, ca turnul să funcţioneze în plin.

În funcţie de posibilităţile de realizare a capacităţilor turnurilor şi de restricţiile impuse de vecinătăţi, turnurile cu tiraj forţat trebuie luate în considerare în calculul răcirii în circuit mixt [7], [8], ele oferind în multe situaţii soluţia optimă.

Dat fiind că primul turn are intervalul de răcire cel mai redus (vezi tabelul 1), iar următoarele, simultan cu creşterea cotei de participare a circuitului închis, α, funcţionează cu diferenţe de temperatură din ce în ce mai mari, apare logic ca la dimensionarea circuitului de răcire să se analizeze şi soluţia cu un număr de turnuri cu tiraj forţat, iar apoi, în completare, turnuri cu tiraj natural. O asemenea soluţie a fost aplicată la CTE Luduş, care dispune de jumătate din capacitatea de răcire în trei turnuri cu tiraj forţat şi jumătate în turnuri cu tiraj natural.

Pentru instalarea ultimei tranşe a capacităţii de răcire în circuit închis, a cărei funcţionare are durata cea mai scurtă, este deseori avantajos să se recurgă la supraîncărcarea turnurilor de răcire, în loc să se construiască o unitate suplimentară [7], [8].

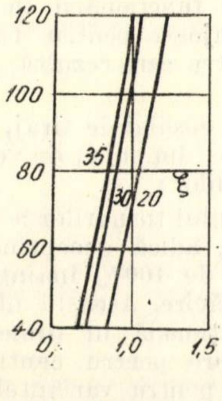


Fig. 8. Corelaţia între rezistenţa aerodinamică, înălţimea coşului şi raportul λ la un turn cu tiraj natural cu încărcare constantă (în abscisă este reprezentat raportul λ, iar în ordonată înălţimea coşului, în metri).

Această soluţie cu investiţie mai mică apare interesantă mai ales la centralele termoelectrice, care funcţionează vara cu sarcină variabilă, cu atît mai mult cu cît vîrfurile de putere nu coincid cu vîrfurile de temperatură măsurate la termometrul umed, aşa cum se poate urmări şi din figura 9, în care se suprapune diagrama variaţiei de temperatură orară în luna august pentru cîmpia dunăreană (Bucureşti) cu curba probabilă a încărcării unei centrale termoelectrice cu combustibil lichid, conform studiilor ISPE. Într-un asemenea caz, la dimensionarea sistemului hidraulic de distribuţie a apei în turn trebuie să se ţină seamă de posibilitatea supraîncărcării. Şi, din acest punct de vedere, folosirea turnurilor cu tiraj forţat este interesantă, întrucît acestea permit încărcări de vîrf între 14 şi 20 m^3/m^2h.

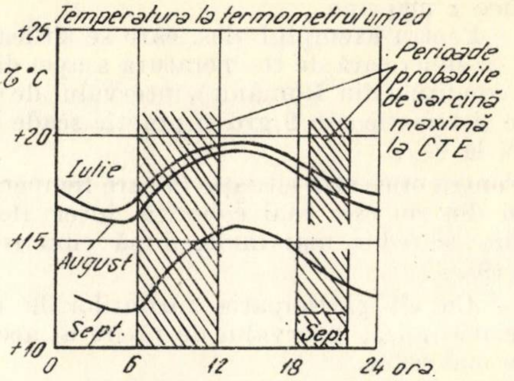


Fig. 9. Variaţia temperaturii termometrului umed în lunile iulie şi august şi încărcarea probabilă a CTE cu combustibil lichid în sistemul energetic din România.

(Într-unul din numerele viitoare ale revistei „Energetica" va apărea partea a II-a a acestui articol, care se referă la funcţionarea turnurilor de răcire la centralele de termoficare.)

Bibliografie

[1] Moţoiu, C. *Temperatura apei de răcire la ciclurile termice cu abur.* Referat la Sesiunea ştiinţifică a cadrelor didactice din Institutul politehnic Bucureşti, mai 1969.
[2] Berman, L. D. *Isparitelnoe ohlajdenie ţirculaţionnoi vodî.* Ed. II, Gosenergoizdat, Moscova, 1957.
[3] Mikyska, L. *Kühltürmberechnung mit einer elektronischen Rechenmaschine.* BWK, 17, nr. 2, febr. 1965, p. 61—63.
[4] Vlădea, I şi Oancea, N. D. *Der thermische Gütegrad von Kühltürmen.* BWK, 22, nr. 3, mar. 1970, p. 123—127.
[5] Kelly, A.G. şi Lawless, N.R. *Economic sizing of cooling towers.* Combustion, nr. 8, aug. 1962, p. 41—47.
[6] Kennedy, G.F. şi Norgen, P.H. *The economic selection of cooling towers for generating stations.* IEE Proceedings, part. A, vol. 102, nr. 3, iunie 1955, p. 279—289.
[7] Burducea, C. şi Moţoiu, C. *Consideraţii asupra folosirii turnurilor cu tiraj forţat la unele centrale termoelectrice din R.P.R.* Energetica, 8 nr, 1, 1960, p. 40—45.
[8] Eydam, H., Novak, H. şi Stiepel, F. *Das Dampfkraftwerk Franken II.* BWK, 17, nr. 6, 1965.

(Articol intrat în redacţie la 15 octombrie 1970)

Considerații asupra folosirii suprafețelor rugoase în îmbunătățirea performanțelor schimbătoarelor de căldură

Ing. A. Leca*)

1. Considerații generale

Încălzirea sau răcirea fluidelor care curg în interiorul sau în exteriorul țevilor reprezintă două dintre cele mai importante procese de schimb de căldură din tehnică. Proiectarea și analiza tuturor tipurilor de schimbătoare de căldură de suprafață necesită cunoașterea coeficientului de schimb de căldură între peretele conductei și fluid, coeficient care intervine în ecuația generală a convecției:

$$Q = \alpha S \, |t_p - t_f|. \qquad (1)$$

Se observă că, în aceleași condiții de sarcină termică și de temperatură, valoarea coeficientului de convecție determină invers proporțional suprafața de schimb de căldură, astfel încît procedeele de mărire a lui α pot avea repercusiuni economice dintre cele mai importante asupra suprafeței de schimb de căldură S și energiei de pompare N.

Coeficientul de convecție α se determină, de regulă, cu ajutorul criteriului Nusselt (Nu) sau Stanton (St), din relații teoretice, semiempirice sau experimentale, fiecare cu un domeniu îngust de valabilitate, relații care leagă Nu sau St de alte numere criteriale sau mărimi determinante ale procesului considerat.

Dacă în cazul convecției în regim laminar s-au obținut unele relații cu un anume caracter de generalitate, cunoștințele actuale despre curgerea turbulentă nu sînt suficiente pentru soluționarea ecuațiilor de curgere și de transfer de căldură, chiar pentru secțiunile transversale simple.

Convecția este un proces complex de transfer de energie prin acțiunea combinată a conducției termice, a acumulării de energie și a mișcării de amestec. Descrierea cît mai exactă, prin modele matematice adecvate, a fenomenelor de conducție, de transfer de masă și de moment din stratul-limită, constituie dificultatea principală în rezolvarea *exactă* a acestui proces.

Cele mai multe dintre cercetările efectuate au condus la stabilirea de relații criteriale pentru calculul lui α pentru pereți netezi. Prin natura sa, fenomenul de convecție este însă influențat de starea suprafeței de schimb de căldură, respectiv de rugozitatea relativă a acesteia, care are două efecte: mărirea simultană a coeficientului de frecare liniară λ și a coeficientului de convecție α. Îmbunătățirea lui α se datorește reducerii rezistenței termice a stratului-limită prin micșorarea grosimii acestuia, produsă de turbulența superficială sporită.

Lucrarea de față caută să prezinte condițiile în care suprafețele de schimb de căldură prevăzute cu rugozitate (naturală sau artificială) devin superioare performanțelor suprafețelor netede.

2. Suprafețe netede și rugoase

Cercetările efectuate pe suprafețele rugoase au marcat o evoluție a opiniilor privind performanțele acestora. Cope [1] a găsit că, pentru aceeași pierdere de presiune, fluxul termic obținut pe o țeavă netedă a fost mai mare decît pe o țeavă rugoasă. McAdams [2] recunoaște însă că rezultatele lui Cope sînt nesemnificative. Ulterior, Nunner [3] a stabilit că o creștere în transferul căldurii este întotdeauna însoțită de o creștere a pierderii de presiune, cauza fiind mărimea coeficientului de frecare, și nu forma și distribuția rugozității. Cu toate acestea, Sheriff și Gumley [4] și Wilkie [5] au furnizat date care arată că rugozități artificiale de anumite geometrii dau o frecare mai mică pentru o creștere dată în transferul căldurii.

Cercetările experimentale au dovedit clar că legile de curgere și de schimb de căldură în țevile netede și rugoase pot fi prezentate într-o formă unificată; în felul acesta, țevile netede devin un caz particular al țevilor rugoase. În acest sens, Nunner [3] a extins analogia Reynolds la țevile rugoase, completînd rezultatele lui Koch [6]. El a propus drept *ecuație generală* de schimb de căldură pentru țevile netede și rugoase următoarea relație dedusă teoretic:

$$\mathrm{Nu} = \frac{\lambda}{8}\,\frac{\mathrm{Re}\,\mathrm{Pr}}{1+\Phi\left(\mathrm{Pr}\dfrac{\lambda}{\lambda_n}-1\right)}, \qquad (2)$$

verificată experimental de autor pentru aer (Pr = 0,72). Pentru numere Pr diferind sensibil de această valoare, relația (2) exprimă calitativ procesul; validitatea rezultatelor ei numerice trebuie demonstrată, însă, numai prin măsurători corespunzătoare.

Pentru funcția Φ, Nunner propune, pentru numere Pr medii și mari, relația lui Hofmann [7]:

$$\Phi = 1{,}5\,\mathrm{Re}^{-1/8}\,\mathrm{Pr}^{-1/6}, \qquad (3)$$

---

*) Ing. Aureliu Leca este șef de lucrări la Institutul politehnic București.

iar pentru numere Pr reduse, expresia lui Koch [6]:

$$\Phi = 2{,}5\,\mathrm{Re}^{-1/8}. \tag{4}$$

Pentru țevile netede, în domeniul $\mathrm{Re} > 5 \cdot 10^3$, coeficientul de convecție se poate calcula cu relația lui Kraussold [8]:

$$\mathrm{Nu} = 0{,}024\,\mathrm{Re}^{0{,}8}\,\mathrm{Pr}^{1/3}. \tag{5}$$

Să considerăm, în continuare, cazul unui schimbător de căldură cu o suprafață dată. Eficiența unei anumite soluții de îmbunătățire a performanțelor acestui aparat se poate stabili numai prin considerarea laolaltă a efectelor măririi coeficientului de convecție și a energiei de pompare.

Există două posibilități pentru mărirea economică a capacității de schimb de căldură a unui aparat: alegerea unor viteze mai mari, sau folosirea țevilor rugoase. În ambele cazuri există o creștere a puterii de pompare. Dacă puterea suplimentară de pompare este fixată, atunci tipul constructiv optim este acela care realizează cei mai ridicați coeficienți de schimb de căldură.

Puterea de pompare este exprimată prin:

$$N = \frac{\pi\, d^2}{4}\, w\lambda\, \frac{L}{d}\, \frac{w^2}{2g}\gamma = C\,\lambda w^3. \tag{6}$$

Constanta C include diametrul conductei și densitatea fluidului, presupuse constante, precum și alte valori numerice.

Capacitatea de schimb de căldură a aparatului cu țevi netede poate fi crescută cu mărimea necesară ridicînd viteza medie a agentului termic de la w_n la w_n^*. Pentru țevile netede, în regimul turbulent $\mathrm{Re} < 10^5$ coeficientul de frecare se poate determina cu relația lui Blasius:

$$\lambda = \frac{0{,}3164}{\mathrm{Re}^{0.25}}. \tag{7}$$

Cu expresia precedentă, variația corespunzătoare a puterii de pompare de la N_n la N_n^* se exprimă sub forma:

$$\frac{N_n^*}{N_n} = \frac{\lambda_n^*}{\lambda_n}\left(\frac{w_n^*}{w_n}\right)^3 = \left(\frac{w_n^*}{w_n}\right)^{2.75}. \tag{8}$$

Coeficientul de schimb de căldură α variază pentru țeava netedă în același raport ca și numărul Nu, care la rîndul său crește de la Nu_n la Nu_n^*. Conform relației (5) se poate scrie:

$$\frac{\mathrm{Nu}_n^*}{\mathrm{Nu}_n} = \left(\frac{w_n^*}{w_n}\right)^{0.8}. \tag{9}$$

Prin combinarea ecuațiilor (8) și (9) se obține relația dintre coeficientul de convecție și puterea de pompare pentru țevile netede, la variația vitezei agentului termic:

$$\frac{\mathrm{Nu}_n^*}{\mathrm{Nu}_n} = \left(\frac{N_n^*}{N_n}\right)^{0.291}. \tag{10}$$

Dacă se înlocuiesc țevile netede cu țevi rugoase, menținînd în acestea constantă viteza agentului termic $w_r = w_n$, atunci, cu formula (6), puterea de pompare în țevile rugoase, raportată la puterea de pompare în țevile netede, variază ca și raportul coeficienților de frecare respectivi, calculați pentru același număr Re:

$$\frac{N_r}{N_n} = \frac{\lambda_r}{\lambda_n}. \tag{11}$$

În figura 1 se prezintă dependența numărului Nusselt redus în funcție de puterea redusă de pompare pentru țevile rugoase la diverse numere Pr, pentru Re = 10 000, iar în figura 2 variația acelorași mărimi pentru Pr = 1, la diverse numere Re. Diagramele din figurile 1 și 2 au fost trasate pe baza relațiilor (2—11). Liniile punctate *a* din figurile 1 și 2 reprezintă ecuația (10), valabilă pentru țevile netede.

Din figurile 1 și 2 se observă că o porțiune din curbele corespunzătoare țevilor rugoase se găsește deasupra curbei punctate corespunzătoare țevilor netede; cu alte cuvinte, în această regiune, pentru aceeași putere de pompare, performanțele țevilor rugoase sînt superioare celor netede. Din figura 1 se vede influența numărului Pr asupra acestor performanțe. Eficiența țevilor rugoase crește la numere Pr reduse (apă caldă, gaze și, mai ales, metale lichide); ele devin însă ineficiente la numere Pr mari (uleiuri). Figura 2 pune în evidență influența regimului de curgere (nu-

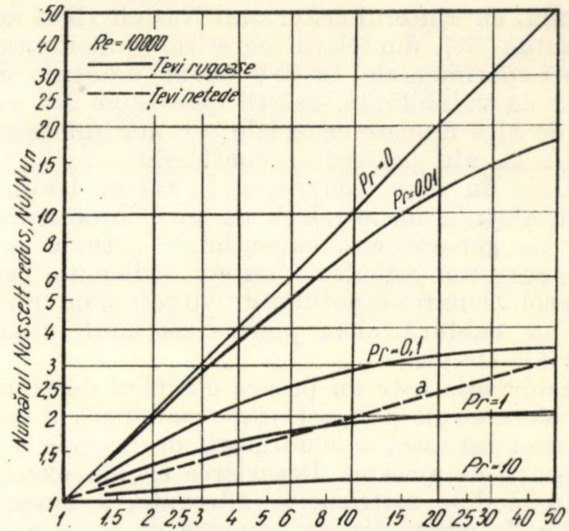


Fig. 1. Numărul Nusselt redus în funcție de puterea redusă de pompare pentru un anumit regim de curgere (Re = const.).

mărul Re), la acelaşi fluid (Pr = 1), asupra performanţelor ţevilor rugoase; mărirea numărului Re ridică coeficientul de convecţie al acestora faţă de ţevile netede, pentru aceeaşi putere de pompare. Efectul combinat al numerelor Re şi Pr asupra transferului căldurii în ţevile rugoase se datoreşte unei turbulenţe mai mari (cu creşterea lui Re) în fluid şi unei distribuţii mai uniforme (cu reducerea lui Pr) a rezistenţei termice în toată secţiunea transversală de curgere.

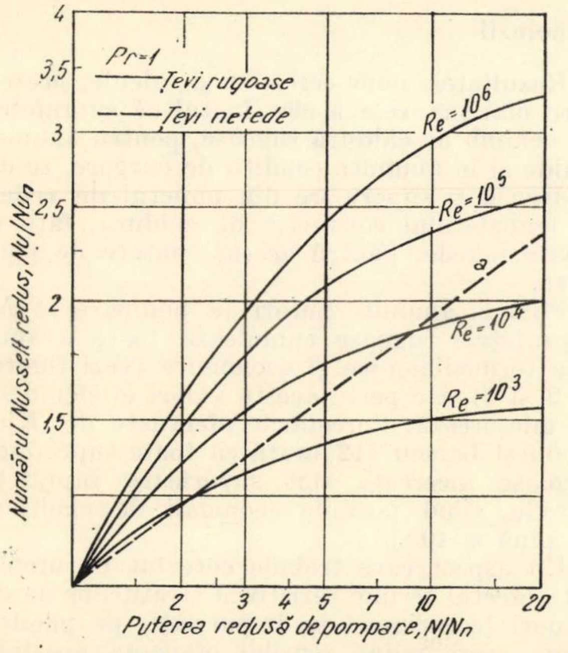


Fig. 2. Numărul Nusselt redus în funcţie de puterea redusă de pompare pentru un anumit fluid (Pr = const.).

3. Consideraţii exergetice

Metodele de apreciere a eficienţei aparatelor schimbătoare de căldură bazate pe considerarea separată a randamentului termic sau a energiei de pompare sînt puţin operative; ele iau în consideraţie doar aspecte parţiale ale proceselor din aparate şi, legat de aceasta, sînt insuficient de precise.

O metodă raţională de stabilire a indicilor de calitate ai aparatelor de schimb de căldură se bazează pe bilanţul exergetic [9]—[11], care permite o analiză complexă a tuturor particularităţilor de funcţionare. Studiul exergetic conduce la stabilirea unui procedeu de comparare simplu şi unitar, aplicabil la toate tipurile de aparate.

Pierderea totală de exergie, provocată de un aparat schimbător de căldură, se compune din:

$$\Delta E = \Delta E_{sch} + \Delta E_{med} + \Delta E_{lam\,1} + \Delta E_{lam\,2}. \quad (12)$$

În figura 3 se arată variaţia parametrilor unui agent termic în cursul unui proces de răcire sau de încălzire.

Se notează cu $[E_1 - E_2]_Q$ variaţia parţială a exergiei fluidului cald ca urmare a cedării căldurii Q şi cu ΔE_{lam} pierderea de exergie în rezistenţele hidraulice. Considerînd procesul real de răcire ca fiind alcătuit dintr-un schimb de căldură izobar urmat de o laminare (fig. 3*a*), este uşor de arătat că variaţia totală de exergie a fluidului este dată de:

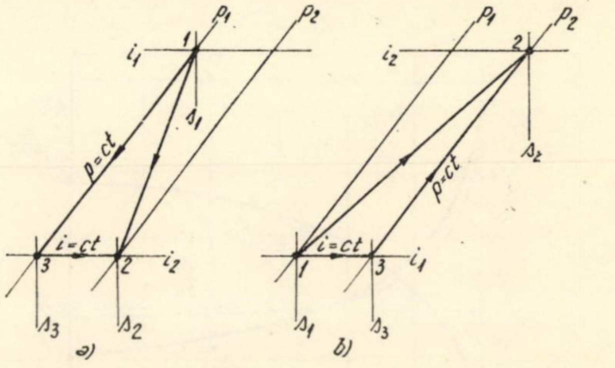


Fig. 3. Procesul de răcire (*a*) şi de încălzire (*b*) în diagrama *i—s*.

$$E_1 - E_2 = [E_1 - E_2]_Q + \Delta E_{lam}; \quad (13)$$

în mod analog se obţine, pentru procesul de încălzire (fig. 3*b*):

$$E_2 - E_1 = [E_2 - E_1]_Q - \Delta E_{lam}. \quad (14)$$

Comparaţia exergetică a suprafeţelor de schimb de căldură netede şi rugoase s-a făcut pentru cazul unui schimbător de căldură tubular (fig. 4), avînd ca parametri constanţi: sarcina termică: $Q = 10^5$ kJ/h; temperatura agentului cald (a peretelui): 573°K; temperatura agentului rece la intrare: 473°K; diametrul ţevii: 10 mm; regimul de curgere de referinţă, $Re_n = 10^6$; agentul termic: apă sub presiune.

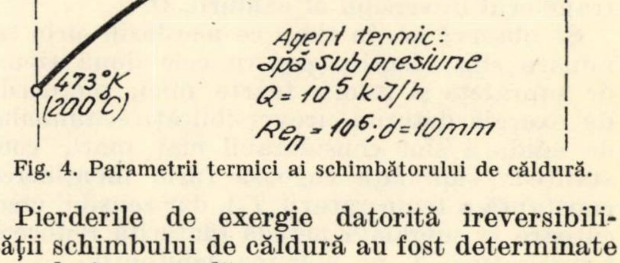


Fig. 4. Parametrii termici ai schimbătorului de căldură.

Pierderile de exergie datorită ireversibilităţii schimbului de căldură au fost determinate cu relaţia generală:

$$\Delta E_{sch} = \frac{T_0 \, \Delta T}{T_1 \, T_2} Q, \quad (15)$$

iar pierderile de exergie datorită laminării fluidului în rezistenţele hidraulice, cu următoarea formulă aproximativă:

$$\Delta E_{lam} \approx \frac{T_0}{T_2} N. \qquad (16)$$

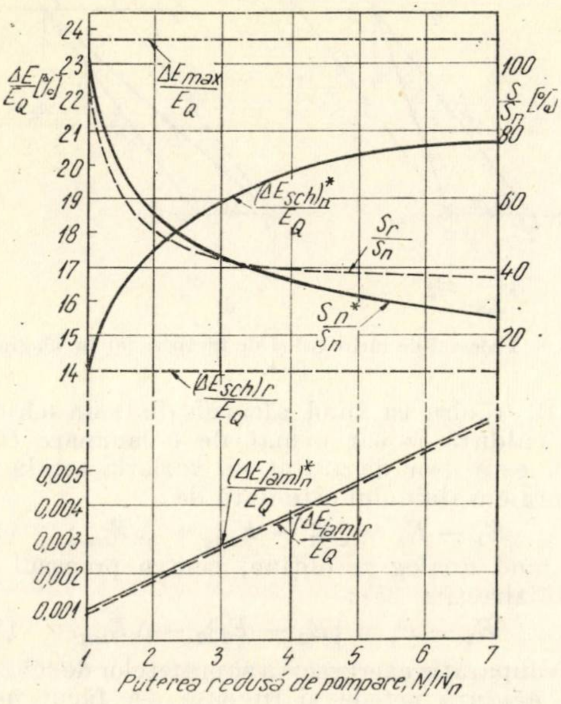


Fig. 5. Variaţia pierderilor de exergie şi a suprafeţei de schimb de căldură în funcţie de puterea redusă de pompare.

Considerînd diametrul constant, creşterea coeficientului de convecţie α în cele două cazuri s-a făcut : pentru suprafaţa netedă — prin mărirea vitezei, fapt care a crescut debitul şi puterea de pompare şi a redus temperatura de ieşire a agentului termic; pentru suprafaţa rugoasă — prin mărirea rugozităţii, ceea ce a mărit pierderea de presiune, şi prin menţinerea constantă a vitezei, a debitului şi a temperaturii de ieşire a agentului termic din aparat.

Variaţia pierderilor relative de exergie în funcţie de puterea redusă de pompare, pentru cele două cazuri, este prezentată în figura 5, în care E_Q reprezintă exergia totală a căldurii Q, iar ΔE_{max}, pierderea maximă de exergie la transferul ireversibil al căldurii, Q.

Se observă că, în timp ce pierderile prin laminare sînt identice pentru cele două tipuri de suprafeţe şi valoric foarte mici, pierderile de exergie datorită ireversibiltăţii schimbului de căldură sînt considerabil mai mari, constante la suprafaţa rugoasă (prin menţinerea constantă a temperaturii T_2), dar sensibil crescătoare la suprafaţa netedă (datorită reducerii temperaturii T_2 cu mărirea debitului).

În figura 5 este trasată, de asemenea, variaţia suprafeţei reduse de schimb de căldură pentru conducta netedă, respectiv rugoasă. Pînă la puteri de pompare $N/N_n \approx 3$, suprafaţa de schimb de căldură rugoasă necesară este mai mică decît cea netedă, peste această valoare situaţia inversîndu-se.

Concluzii

Rezultatele unor cercetări şi calcule, prezentate mai sus, relevă clar faptul că suprafeţele de schimb de căldură rugoase, pentru anumite fluide şi în anumite condiţii de curgere, se dovedesc a fi superioare din punctul de vedere al transferului convectiv de căldură, faţă de ţevile netede, pentru aceeaşi putere de pompare.

Pînă la anumite puteri de pompare, N/N_n, suprafeţele rugoase cumulează toate avantajele termodinamice şi economice (vezi figurile 1, 2 şi 5), iar peste aceste valori eficienţa lor se micşorează. Cercetările efectuate de Kjelström şi Larson [12] arată că toate suprafeţele rugoase încercate sînt superioare suprafeţei netede, fiind posibile economii de cheltuieli de pînă la 40%.

Un aspect care trebuie cercetat cu atenţie este efectul termic rezistiv al straturilor de depuneri (coroziune sau impurităţi) pe peretele rugos, care reduc sensibil eficienţa acestuia. Pe de o parte, obţinerea performanţelor scontate prin folosirea suprafeţelor rugoase impune anumite condiţii restrictive privind agresivitatea chimică şi puritatea agentului termic; pe de altă parte, efectul depunerilor este mai puternic la numere Pr mari (apă rece şi uleiuri) şi pentru valori ridicate ale coeficientului de convecţie. În domeniul numerelor Pr coborîte (gaze şi metale lichide) sau pentru valori mai reduse ale coeficientului de convecţie, efectul defavorabil al acestora se micşorează mult, iar performanţele suprafeţelor rugoase devin mai puţin sensibile la existenţa depunerilor.

Utilizarea suprafeţelor rugoase în schimbătoarele de căldură reprezintă actualmente o direcţie de cercetare aplicativă în domeniul transferului convectiv de căldură. O aplicaţie de interes deosebit a suprafeţelor rugoase o reprezintă cazul reactoarelor nucleare la care obţinerea unor coeficienţi de convecţie cît mai ridicaţi permite realizarea fluxurilor termice mari specifice zonei active.

Notaţii

C — constantă în relaţia (6);
d — diametrul interior al conductei;
E — exergia totală a unui debit de căldură;
g — acceleraţia gravitaţiei;
L — lungimea conductei;
N — puterea de pompare;
Nu — criteriul Nusselt;
Pr — criteriul Prandtl;
Q — debit de căldură;
Re — criteriul Reynolds;
S — suprafaţa de schimb de căldură;

St — criteriul Stanton;
t — temperatura agentului termic;
T — temperatura medie absolută a agentului termic;
w — viteza medie a agentului termic;
α — coeficientul de convecție;
ΔE — pierderea de exergie;
ΔT — diferența medie de temperatură;
Φ — funcție în relațiile (2) — (4);
λ — coeficientul de pierderi liniare de presiune.

Indici

f — fluid;
lam — laminare;
max — maxim;
med — mediu ambiant;
n — perete neted (regim de referință);
p — perete;
Q — corespunzător cantității de căldură Q;
r — perete rugos;
sch — schimb ireversibil de căldură;
0 — referință de temperatură (mediu ambiant);
1,2 — început și sfîrșit de proces; fluid cald și fluid rece;
* — regim diferit de regimul de referință.

Bibliografie

[1] Cope, W.F. *Proc. Inst. Mech. Engrs.*, London, 1941, vol. 145, p. 99—105.
[2] McAdams, W. H. *Heat Transmission*, 3rd Ed., McGraw Hill, New York, 1954.
[3] Nunner, W. VDI Forschungsheft no. 455, B, vol.22, p. 5—39, 1956.
[4] Sheriff, N., Gumley, P. TRG Report 929 (R), 1965.
[5] Wilkie, D. TRG Report 987 (W), 1965.
[6] Koch, B. Arch. ges. Wärmetechn., vol. 1, p. 2—8, 1950.
[7] Hofmann, E. Forsch Geb. Ingenieurwes., vol. 11, p. 159—169, 1940.
[8] Kraussold, K. Forsch. Ing.—Wes., vol 4, p. 39—44, 1933.
[9] Andreev, L.P., Kostenko, G. N. Energhetika nr. 3, p. 53—60, 1965.
[10] Leca, A. Energetica, vol. 15, 1967, p. 130—134, 279—284, 321—327.
[11] Nerescu, I., Radcenko, V. *Analiza exergetică a proceslor termice*. Ed. Tehnică, București, 1970.
[12] Kjelstrom, B., Larson, A. E. AE -271, 1967.

(Articol intrat în redacție la 6 noiembrie 1970)

Considerații privind calculul la oboseală al paletelor de turbină

Ing. I. Istrate[*]

Puterea turbinelor este limitată de rezistența paletelor, în mod deosebit la ultimele trepte, care sînt supuse la eforturi unitare mari. De regulă, coeficientul de siguranță [2] se calculează cu următoarea relație:

$$C = \frac{\sigma_c}{\sigma_{Fc} + \sigma_{iab}} \tag{1}$$

în care:

σ_c este limita de curgere;
σ_{Fc} — efortul de întindere datorită forței centrifuge;
σ_{iab} — efortul static de încovoiere datorită fluxului de abur.

Relația (1) poate fi utilizată mai rațional atunci cînd $\sigma_{Fc} \gg \sigma_{iab}$, adică în zona ultimelor trepte din turbină. Pentru palete la care $\sigma_{Fc} < \sigma_{iab}$ predomină, fenomenul de solicitare dinamică și relația (1) nu mai exprimă realitatea.

Dacă se ține seama de faptul că paletele sînt supuse la eforturi care își schimbă sensul, trebuie să se ia drept referință rezistența σ_R pentru cicluri de oscilație asimetrică (relațiile 2 și 3), care este mai mică decît limita de curgere:

$$\sigma_R = \sqrt{\frac{2}{1 + R^2}} \cdot \sigma_{-1}; \tag{2}$$

$$\sigma_R = \frac{3}{2 - R} \cdot \sigma_{-1}. \tag{3}$$

Pentru un coeficient de asimetrie $R < 0$, ambele relații [1] dau valori foarte apropiate.

Pentru stabilirea orientativă a eforturilor unitare de încovoiere pentru cicluri alternant simetrice, se poate folosi diagrama din figura 1, dedusă experimental [1]. Limitele acestei curbe arată plaja valorilor eforturilor de oboseală. Relația (4) corespunde dreptei AB, iar relația (5) dreptei DE.

Pozițiile relative ale acestor drepte sînt destul de apropiate, astfel că nu se pot face greșeli prea mari atunci cînd se analizează σ_{-1} funcție de relațiile (4) și (5) și nu se dispune de curbe experimentale pentru materialul respectiv; materialele din care se execută paletele au eforturile de rupere între limitele

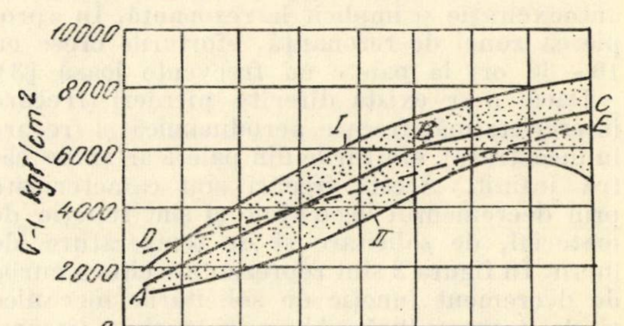


Fig. 1

$50 \leqslant \sigma_r \leqslant 100$ kg/mm², iar pe diagramă erorile sînt mici în această plajă (fig. 2):

$$\sigma_{-1} = 0{,}5\ \sigma_r;\ 50 < \sigma_r < 70\ \text{kgf/mm}^2 \tag{4}$$

$$\sigma_{-1} = 0{,}27\ \sigma_r + 18{,}5\ \text{kgf/mm}^2. \tag{5}$$

---

[*] Ing. Ion Istrate este șeful Serviciului vibrații al Întreprinderii „Energoreparații” — București.

Dacă efortul de curgere σ_c trebuie să fie înlocuit cu efortul unui ciclu asimetric σ_R, în locul solicitării statice, datorită fluxului de abur, trebuie să se introducă un efort oscilant de încovoiere; acest efort poate fi mult mai mare datorită poziției paletei față de zona de rezonanță. Solicitările cele mai periculoase apar la primele trei moduri de vibrații fundamentale (tangențială, axială și torsională) și funcție de valoarea periodică a impusurilor, exprimată de frecvența *Kn*, unde *n* este turația pe secundă a turbomașinii și *K* este un număr întreg, care exprimă periodicitatea forței perturbatoare.

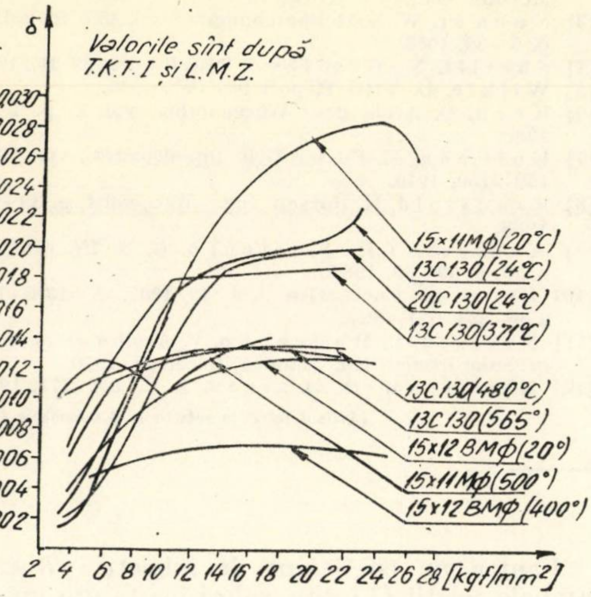


Fig. 2

Cu cît valoarea frecvenței proprii fundamentale este mai mică, impulsul se repetă după un număr mai mic de vibrații și deci oscilațiile paletelor nu au timp suficient pentru amortizare, conducînd la apariția fenomenului de autoexcitație și implicit la rezonanță. În apropierea zonei de rezonanță, eforturile cresc cu 10 — 30 ori la palete cu frecvențe joase [3].

Dacă n-ar exista diferite pierderi (frecare intercristalină, frecare aerodinamică și frecare în încastrare), eforturile din paletă ar tinde către infinit. Aceste frecări sînt caracterizate prin decrementul logaritmic și sînt funcție de material, de solicitare și de temperatura de lucru. În figura 2 sînt reprezentate cîteva curbe de decrement funcție de solicitările mecanice și de temperatură. Alura și poziția fiecărei curbe de decrement exprimă capacitatea de acumulare a energiei potențiale, respectiv capacitatea de amortizare a oscilațiilor a fiecărui material, pentru aceleași condiții de lucru.

Trebuie avut în vedere că forțele de excitație ale aburului nu se cunosc cu exactitate, așa cum se presupune în analiza clasică a vibrațiilor. Se consideră că eforturile din paletă cresc proporțional cu sarcina.

Probabilitatea unei funcționări pe rezonanță a paletelor de turbină, care să coincidă cu excitația maximă a aburului, este o problemă foarte importantă încă nerezolvată. De aceea, în literatura tehnică [5] se indică anumite zone-limite de lucru ale paletelor față de rezonanță, funcție de periodicitatea forței perturbatoare *K* (tabelul 1). Practica a demonstrat că dacă se respectă aceste zone de lucru, paletele nu obosesc în perioade scurte.

În lucrarea [6] se recomandă ca pentru frecvențe înalte (1000 Hz) rezerva față de rezonanță să fie de 2,5%.

Cu valorile din tabelul 1 s-a trasat diagrama din figura 3, în care se poate constata că de la multiplicitatea $K = 14$ curba devine orizontală. După aspectul acestei curbe se pare că paletele nu pot lucra chiar pe rezonanță, pentru $K \geqslant 7$, deși intră în acțiune și rolul decrementului logaritmic. Astfel, valoarea minimă față de rezonanță trebuie să fie de 2,5% pentru cazul în care paletele au frecvențe fundamentale înalte (fig. 3).

Fenomenul de oboseală este rezultatul rezistenței în descreștere a materialului la inversarea repetată a solicitărilor; efectul unor astfel de perioade este acumulativ și reduce durata de funcționare a paletei.

Datorită oboselii se produc fisuri în paletă; producerea acestora, cît și progresarea lor pînă la o avarie, necesită timp. Durata depinde de apropierea de rezonanță, de intensitatea și natura forțelor de excitație ale aburului, de amortizarea sistemului și de comportarea la oboseală a materialului.

Forța de excitație (perturbatoare) este de natură armonică, iar mișcarea de oscilație forțată este reprezentată prin ecuația diferențială:

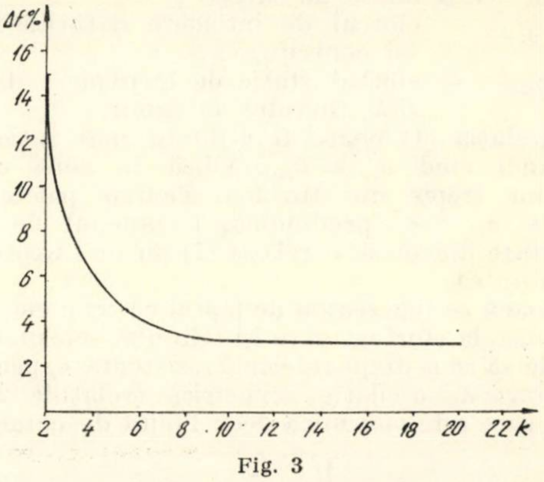


Fig. 3

$$m\ddot{x} + \lambda_1\dot{x} + \gamma_1 x = F\sin\omega t \qquad (6)$$

$$\frac{\lambda_1}{m} = 2\,h; \quad \frac{\gamma_1}{m} = p^2,$$

în care :

m este masa paletei ;
λ_1 — constanta de amortizare ;
γ_1 — constanta elastică a paletei ;
x — elongaţia oscilaţiei ;
ω — pulsaţia forţei perturbatoare ;
F — forţa excitatoare.

Schematic, fenomenul reprezentat în relaţia (6) este redat în figura 4.

Soluţia ecuaţiei diferenţiale (6) este compusă din doi termeni : unul, x_s, reprezentînd vibraţia liberă amortizată, care încetează după scurt timp, iar al doilea, A, vibraţia întreţinută :

$$x = x_s \cdot \frac{1}{\sqrt{\left[1-\left(\frac{\omega}{p}\right)^2\right]^2+\left(\frac{2h}{p}\right)^2\left(\frac{\omega}{p}\right)^2}}. \qquad (7)$$

În termenul al doilea din relaţia (7), numit factor de amplificare a vibraţiei forţate (relaţia 8), ω este pulsaţia forţei perturbatoare, p este pulsaţia proprie a paletei, iar $\frac{2h}{p}$ exprimă frecarea internă a materialului, care are o pulsaţie proprie, p.

$$A = \frac{1}{\sqrt{\left[1-\left(\frac{\omega}{p}\right)^2\right]^2+\left(\frac{2h}{p}\right)^2\left(\frac{\omega}{p}\right)^2}}. \qquad (8)$$

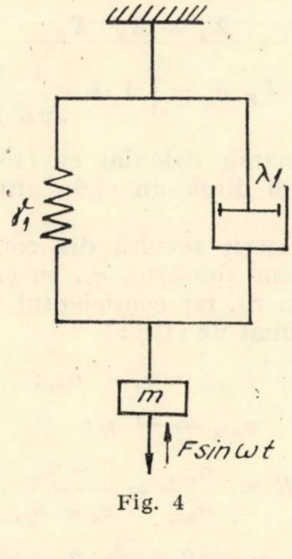


Fig. 4

Pentru determinarea factorilor de amplificare este necesar să se cunoască valoarea termenului $\frac{2h}{p}$, care reprezintă capacitatea de amortizare a materialului. Acest termen poate fi exprimat ca o funcţie a decrementului logaritmic (rel. 9 şi fig. 5) :

$$\delta = \log\frac{x_1}{x_2} = \frac{2\pi h}{\sqrt{p^2-h^2}}. \qquad (9)$$

După unele transformări, (9) ia forma din (10) ; datorită valorii prea mici a decrementului în raport cu π^2, δ^2 de la numitorul relaţiei (10) poate fi neglijat :

$$\left(\frac{2h}{p}\right)^2 = \frac{4\delta^2}{4\pi^2+\delta^2} \cong \frac{\delta^2}{\pi^2}. \qquad (10)$$

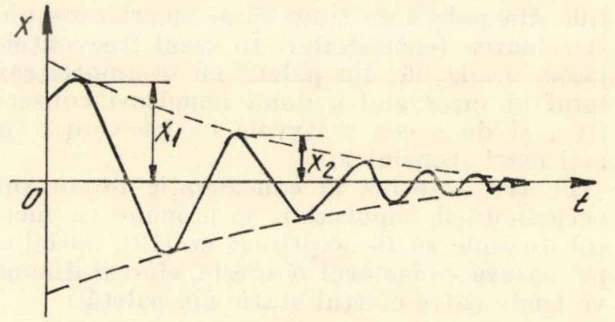


Fig. 5

În felul acesta, (8) se transformă în (11), cu ajutorul căreia se poate calcula factorul dinamic A chiar în cazul care $\frac{\omega}{p} = 1$; în asemenea situaţii intervine fenomenul de frecare intercristalină a materialului :

$$A = \frac{1}{\sqrt{\left[1-\left(\frac{\omega}{p}\right)^2\right]^2+\frac{\delta^2}{p^2}\left(\frac{\omega}{p}\right)^2}}. \qquad (11)$$

În cazul în care $\frac{\omega}{p} \neq 1$, influenţa celui de-al doilea termen este neglijabilă în raport cu primul termen, care caracterizează valoarea factorului dinamic A, mai cu seamă dacă se respectă rezervele de frecvenţă indicate în tabelul 1 şi figura 3.

Tabelul 1

Periodicitatea, K	2	3	4	5	6
Δf, %	15	8	6	5	4

Analizîndu-se (11), se constată că pentru o infinitate de frecvenţe care dau acelaşi raport, $\frac{\omega}{p}$, şi pentru acelaşi decrement δ, se obţine o singură valoare a factorului dinamic. Aceasta ar însemna că, indiferent de valoarea frecvenței proprii a paletei, pentru același raport $\frac{\omega}{p}$ solicitările din palete să fie identice, și nu o funcție de periodicitatea forței perturbatoare. Din acest punct de vedere va trebui să existe posibilitatea cunoașterii valorii factorului dinamic corespunzător factorului de multiplicitate K, care de fapt caracterizează importanța frecvenței forței perturbatoare. Factorul K exprimă periodicitatea forței perturbatoare ce acționează asupra corpului care oscilează; pe măsură ce frecvența crește, periodicitatea impulsului crește, astfel că oscilațiile din paletă au timp să se amortizeze pînă la reluarea fenomenului. În cazul frecvențelor joase, oscilațiile din paletă nu se amortizează total în intervalul a două impulsuri consecutive, și de aceea rezervele de frecvență sînt mai mari (tabelul 1).

Pentru a se lua în considerație importanța periodicității impulsului, se propune ca factorul dinamic să fie exprimat de (12), astfel că, pe măsură ce factorul K crește, efortul dinamic va tinde către efortul static din paletă:

$$X_K = 1 + \frac{A}{2\pi K}. \tag{12}$$

Factorul de periodicitate K exprimă cîte oscilații poate face paleta pînă intervine un nou impuls.

Cu ajutorul relației (12) s-a trasat diagrama din figura 6 pentru frecvențe pînă la 1000 Hz cu rezervele de frecvențe indicate în tabelul 1 și figura 3.

Din figura 6 se constată că, în cazul respectării rezervelor de frecvență, factorul dinamic X_K crește cu maximum 35% față de efortul static din paletă și scade pe măsură ce crește perioada dintre două impulsuri consecutive. Fizic, alura curbei pare să confirme valabilitatea din (12).

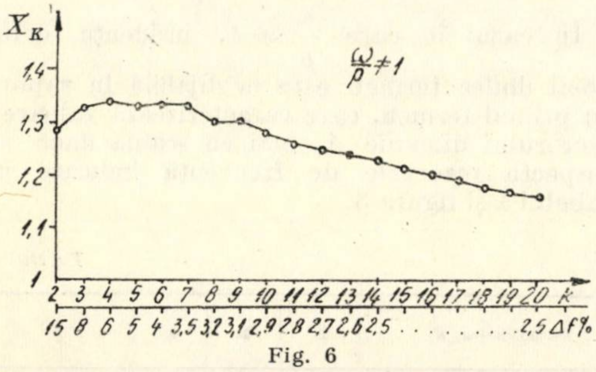


Fig. 6

Analizînd (11) și considerînd că paletele lucrează pe rezonanță $\left(\frac{\omega}{p} = 1\right)$, a rezultat $A = \frac{\pi}{\delta}$ și, înlocuindu-l în (12), s-a trasat o curbă pentru un decrement $\delta = 0{,}01$ (fig. 7). Pentru frecvențe joase, $K = 2$, efortul dinamic a crescut de 26 ori, ceea ce confirmă precizările făcute în [3], și anume că în zona de rezonanță solicitările cresc în raportul de 10—30 ori.

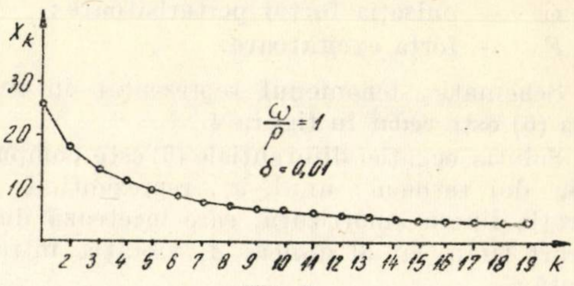


Fig. 7

Dacă se consideră că paleta poate fi asimilată cu o grindă încastrată și încărcată cu o sarcină uniform distribuită, atunci între săgeată și solicitare se poate scrie relația:

$$X_s = \frac{wl^2}{4EI} \cdot \sigma_{st}. \tag{13}$$

Din (13) se constată că amplitudinea este direct proporțională cu solicitarea din paletă. În mod asemănător se poate scrie (14) pentru cazul solicitărilor dinamice create în paletă; săgeata dinamică X_d este dată de (15), analogă cu (7), iar efortul dinamic este dat de (16) prin introducerea (12) și (13) în (15):

$$X_d = \frac{wl^2}{4EI} \sigma_d \tag{14}$$

$$X_d = X_s \; X_K; \tag{15}$$

$$\sigma_d = X_K \, \sigma_{st} = \left(1 + \frac{A}{2\pi K}\right) \sigma_{st}. \tag{16}$$

Efortul dinamic calculat cu (16) acționează asupra paletei după un ciclu alternant simetric.

Ciclul asimetric rezultă din compunerea ciclului alternant simetric, σ_d, cu efortul σ_{Fc} de întindere (fig. 8), iar coeficientul de asimetrie, R, este exprimat de (19):

$$\sigma_{max} = \sigma_d + \sigma_{Fc}; \tag{17}$$

$$\sigma_{min} = -\sigma_d; \tag{18}$$

$$R = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}} = \frac{-\sigma_d}{\sigma_d + \sigma_{Fc}}; \tag{19}$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2}; \tag{20}$$

$$\sigma_v = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2}. \tag{21}$$

Cu aceste relaţii cunoscute se poate calcula coeficientul de siguranţă a solicitării prin cicluri asimetrice [1], utilizînd (22), în care σ_m este valoarea medie a efortului unitar, σ_v este amplitudinea efortului unitar, σ_c este efortul de curgere la condiţiile de lucru ale paletelor, iar σ_{-1} este efortul de încovoiere a paletei supusă la solicitări alternant-simetrice în condiţii de lucru :

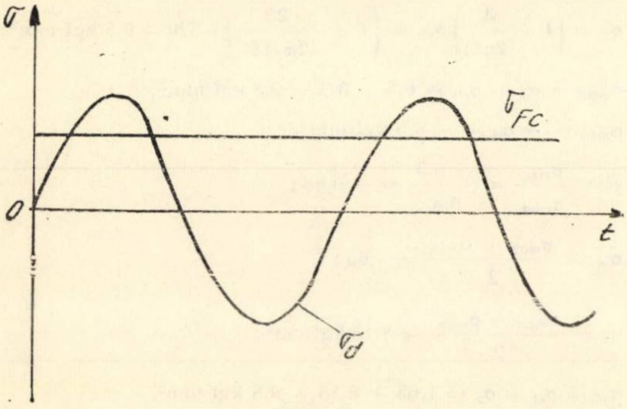


Fig. 8

$$C = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\sigma_v}{\sigma_{-1}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_m}{\sigma_c}\right)^2}} \qquad (22)$$

În cazul în care trebuie să se ţină seama şi de factorii de calitate ai paletei (β, ε, γ), (22) ia forma din (23), în care β reprezintă factorul efectiv de concentrare în cazul pieselor supuse la solicitări variabile, ε reprezintă factorul adimensional la solicitări variabile, iar γ factorul de calitate a suprafeţei :

$$C = \frac{\sigma_{-1}}{\sqrt{\left(\frac{\beta}{\varepsilon\gamma}\right)^2 \sigma_v^2 + \sigma_m^2 \left(\frac{\sigma_{-1}}{\sigma_c}\right)^2}}. \qquad (23)$$

Efortul admisibil la oboseală, σ_a, se va calcula cu (24), în care σ_R este calculat cu (2) sau (3) :

$$\sigma_a = \frac{\sigma_R}{C}. \qquad (24)$$

Faţă de cele prezentate, efortul efectiv din paletă, solicitată la oboseală, este dat de (25) şi trebuie comparat cu (26) :

$$\sigma_{ef} = \sigma_m + \sigma_v ; \qquad (25)$$

$$\sigma_{ef} \leqslant \sigma_a. \qquad (26)$$

În afară de cele prezentate, rezistenţa admisibilă la solicitări ciclice se poate calcula şi cu (27), în care σ_s este efortul unitar pentru ciclul alternant simetric, iar φ este coeficientul de reducere a rezistenţei admisibile şi se calculează cu (29) :

$$\sigma_v = \varphi \sigma_s ; \qquad (27)$$

$$\sigma_s \cong 0{,}5\, \sigma_{-1} ; \qquad (28)$$

$$\varphi = \frac{1 + \lambda}{1 + \lambda \frac{\beta}{\varepsilon\gamma} \frac{\sigma_c}{\sigma_{-1}}}. \qquad (29)$$

Coeficientul λ este o mărime adimensională, numită caracteristica nominală a ciclului, şi se calculează cu relaţia (30) :

$$\lambda = \frac{\sigma_v}{\sigma_m} = \frac{1 - R}{1 + R}. \qquad (30)$$

În [6] se propune ca $\frac{\beta}{\varepsilon\gamma} = 1{,}3$; pentru palete negăurite această valoare poate fi considerată satisfăcătoare, ţinînd seama că gradul de prelucrare a paletelor este destul de ridicat. În caz contrar factorii de calitate trebuie calculaţi ţinîndu-se seama de concentratorii creaţi de găurile din paletă, de calitatea suprafeţei şi de racordările de trecere între secţiunea de încastrare şi partea activă a paletei.

Efortul admisibil σ_a este funcţie de un complex de factori, fapt pentru care literatura de specialitate indică diverse valori ale coeficientului de siguranţă. Pentru piese omogene şi cu tehnologie curentă se recomandă un coeficient de siguranţă $C = 1{,}5-2$. Pentru piese din material perfect omogen, lucrate cu tehnologie foarte îngrijită, se poate coborî acest coeficient de siguranţă pînă la $C = 1{,}3$.

Comparativ cu valorile coeficienţilor de siguranţă indicaţi de literatură [1], pentru turbina PVK—200 $C = 1{,}52$, iar pentru turbina K—300—200 $C = 1{,}63$ [2], calculaţi cu (1).

Din comparaţia valorilor indicate cu cele practice se pare că coeficienţii de siguranţă pentru palete gravitează în jurul valorilor $C = 1{,}5-2$, deşi paletele sînt superior prelucrate.

Exemplu de calcul

Se analizează o paletă rotorică confecţionată din oţel aliat 13 C 130, care are următoarele caracteristici mecanice la 20°C :

$$\sigma_r = 60 \text{ kgf/mm}^2 ; \; \sigma_c = 45 \text{ kgf/mm}^2.$$

Paleta este de secţiune constantă, are lungimea activă de 10,3 cm, cu secţiunea $s = 2{,}28$ cm^2, momentul de inerţie faţă de axa minimă $I_x = 0{,}2$ cm^4, modulul de rezistenţă $W_x = 0{,}272$ cm^3, secţiunea de curgere printre două palete consecutive $\Omega = 27$ cm^2, numărul de palete pe rînd $Z_p = 97$ şi efortul de tracţiune $\sigma_{Fc} = 330$ kgf/cm^2.

În urma calculului termodinamic au rezultat valorile :

- — căderea de presiune pe paletă, $\Delta p = 1$ at ;
- — debitul care circulă prin rîndul de palete, $G = 235$ t/h ;
- — căderea internă pe rîndul de palete, $h_i = 3{,}25$ kcal/kg ;
- — viteza absolută a aburului, $c_1 = 156$ m/s ;
- — viteza periferică faţă de diametrul mediu, $u = 127$ m/s ;

— viteza relativă de intrare în paletă, $w_1 = 46$ m/s ;
— viteza relativă de ieşire din paletă, $w_2 = 154$ m/s.

Calculul forţei tangenţiale din paletă :

$$f_t = \frac{G_s}{gZ_p}(C_{1u} - C_{2u}) = \frac{235}{9{,}81 \times 3{,}6 \times 97} \times 174 = 12 \text{ kgf}. \quad (31)$$

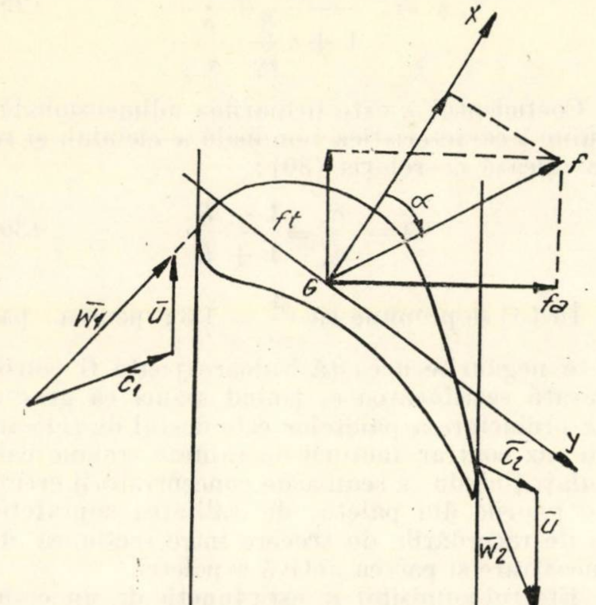


Fig. 9

Calculul forţei axiale din paletă :

$$f_a = \frac{G_s}{gZ_p}(C_{1a} - C_{2a}) + \Omega\Delta p =$$

$$= \frac{235}{9{,}81 \times 3{,}6 \times 97} \times 1 + 27 \times 1 = 27 \text{ kgf}. \quad (32)$$

Calculul forţei rezultante :

$$f_i = \sqrt{f_t^2 + f_a^2} = \sqrt{12^2 + 27^2} = 29{,}6 \text{ kgf}. \quad (33)$$

Proiecţia forţei rezultante pe axa de minimă inerţie, precum şi poziţionarea forţelor componente sînt redate pe figura 9.

Calculele momentului de încovoiere şi ale efortului unitar din paletă au fost efectuate cu :

$$M_0 = \frac{f_i l}{2} = \frac{29{,}6 \times 10{,}3}{2} = 153 \text{ kgf cm} ; \quad (34)$$

$$\sigma_{iab} = \frac{M_0 \cos \alpha}{W_I} = \frac{153 \times 0{,}927}{0{,}272} = 520 \text{ kgf/cm}^2. \quad (35)$$

Această paletă are o frecvenţă proprie $p = 780$ Hz şi prin urmare factorul de multiplicitate cel mai apropiat este $K = 16$, adică $\omega = 800$ Hz.

În acest caz, se constată că între frecvenţa forţei perturbatoare şi frecvenţa proprie a paletei există o rezervă de 2,5 %.

Factorul dinamic A se calculează cu (11), însă datorită faptului că decrementul logaritmic este foarte mic, se neglijează termenul al doilea :

$$A = \left| \frac{1}{1 - \left(\frac{\omega}{p}\right)^2} \right| = \left| \frac{1}{1 - \left(\frac{800}{780}\right)^2} \right| =$$

$$= \left| \frac{1}{1 - 1{,}04} \right| = \frac{100}{4} = 25. \quad (36)$$

De menţionat că în cazul în care nu există o rezervă de frecvenţă rolul hotărîtor în stabilirea factorului dinamic îl are decrementul logaritmic, în care $A = \frac{\pi}{\delta}$.

Calculul efortului dinamic se efectuează utilizînd relaţia (16) :

$$\sigma_d = \left(1 + \frac{A}{2\pi k}\right)\sigma_{st} = \left(1 + \frac{25}{2\pi \cdot 16}\right) \times 520 = 6{,}5 \text{ kgf/mm}^2 ;$$

$$\sigma_{max} = \sigma_d + \sigma_{Fc} = 6{,}5 + 3{,}3 = 9{,}8 \text{ kgf/mm}^2 ;$$

$$\sigma_{min} = -\sigma_d = -6{,}5 \text{ kgf/mm}^2 ;$$

$$R = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}} = \frac{-6{,}5}{9{,}8} = -0{,}66 ;$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2} = 1{,}65 ;$$

$$\sigma_v = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} = 8{,}15 \text{ kgf/cm}^2 ;$$

$$\sigma_{ef} = \sigma_m + \sigma_v = 1{,}65 + 8{,}15 = 9{,}8 \text{ kgf/mm}^2.$$

Efortul unitar, pentru ciclul alternant simetric, se calculează cu (5) :

$$\sigma_{-1} = 0{,}27\ \sigma_r + 18{,}5 = 0{,}27 \times 60 + 18{,}5 = 34{,}7 \text{ kgf/mm}^2.$$

Pentru determinarea coeficientului de siguranţă, respectiv a efortului admisibil, se aplică (23) şi (24) :

$$C = \frac{34{,}7}{\sqrt{1{,}3^2 \times 8{,}15^2 + 1{,}65\left(\frac{34{,}7}{45}\right)^2}} = 3{,}15 ;$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_R}{C} = \frac{39}{3{,}15} = 12{,}4 > \sigma_{ef}.$$

După cum s-a menţionat în (25), efortul maxim al ciclului este $\sigma_m + \sigma_v$, adică efortul admisibil este mai mare decît cel efectiv, în cazul de faţă, şi calculul poate fi considerat satisfăcător.

Trebuie avut în vedere, însă, că, la temperatura de lucru, caracteristicile mcanice ale materialului scad simţitor şi de aceea în calcule sînt necesare valori cît mai apropiate de realitate.

Rezultate bune se obţin şi dacă se utilizează (27) :

$$\sigma_s \cong 0{,}5\ \sigma_{-1} = 0{,}5 \times 34{,}7 = 17{,}35 \text{ kgf/mm}^2 ;$$

$$\lambda = \frac{\sigma_v}{\sigma_m} = 4{,}9 ;$$

$$\varphi = \frac{1 + \lambda}{1 + \lambda \cdot \frac{\beta}{\varepsilon\gamma} \cdot \frac{\sigma_c}{\sigma_{-1}}} = 0{,}64 ;$$

$$\sigma_a = \varphi\sigma_s = 0{,}64 \times 17{,}35 = 11{,}2 \text{ kgf/mm}^2.$$

Şi în acest caz condiţia din (26) este satisfăcută adică efortul admisibil este superior efortului maxim al ciclului.

Concluzii

Factorul care exprimă creşterea efortului unitar static din paletă este dat de (12), care de fapt este şi elementul nou în această lucrare.

Diagramele din figurile 6 şi 7 pun în evidenţă variaţia solicitărilor dinamice din paletă, în funcţie de periodicitatea forţei perturbatoare şi de depărtarea faţă de rezonanţă. Condiţia de lucru a paletelor este exprimată de (37), în care Δf % este redat în figura 3 :

$$f_{paletă} = Kn \pm \Delta f\%. \qquad (37)$$

În cazul în care $\Delta f\% = 0$, paleta lucrează pe rezonanţă şi variaţia solicitărilor este dată de curba din figura 7 pentru $\delta = 0{,}01$.

Aspectul curbei din figura 6 confirmă valabilitatea rezervelor de frecvenţă indicate de [5], [6], precum şi a celor rezultate din trasarea curbei din figura 3 pentru $K \geqslant 7$.

Pe figura 3 se constată că chiar pentru o multiplicitate $K \geqslant 7$ este necesară o rezervă de frecvenţă care abia la $K \geqslant 14$ devine $\Delta f = 2{,}5\%$ (este constantă). Această rezervă este explicabilă, dacă se analizează alura curbei din figura 6 ; pe măsură ce factorul de multiplicitate K creşte, factorul dinamic X_k tinde către unitate pentru cazul paletelor cu frecvenţe foarte înalte.

Faţă de cele prezentate, se exclude ipoteza că paletele a căror frecvenţă proprie depăşeşte 350 Hz ($K \geqslant 7$) pot funcţiona pe rezonanţă.

Analizînd curbele din figurile 6 şi 7, trasate cu (12), precum şi rezultatul mersului de calcul, se pare că această metodă este destul de raţională ; relaţia (12) poate fi considerată ca un factor dinamic global care ţine seama atît de depărtarea frecvenţei paletei faţă de zona de rezonanţă (A), cît şi de valoarea factorului de multiplicitate (K) al frecvenţei forţei perturbatoare.

Valabilitatea acestei relaţii teoretice va trebui să fie confirmată de probe experimentale atît pentru palete cu profil constant, cît şi pentru palete cu profil variabil, la care calculele sînt mai laborioase.

Bibliografie

[1] Buzdugan, Gh. *Calculul de rezistenţă la solicitări variabile.*

[2] Zaidelman, R. L. Moscova, 1966 — „Energhüa''.

[3] * * * Westinghouse Engineur, nr. 3, mai 1967.

[4] * * * Skoda, Plzen, decembrie 1966. *Măsurarea vibraţiilor şi a solicitărilor dinamice ale paletelor de la ultima treaptă a turbinei de 110 MW în timpul exploatării.*

[5] Grecu, T. *Turbine şi compresoare*, vol. II, Bucureşti, 1964.

[6] Runov, B.T. *Încercări la vibraţii ale paletajului cu abur*, 1954.

[7] Levin *Vibraţii, palete şi discuri*, Moscova 1954.

[8] Papcenko, I. *Vibraţiile paletelor şi discurilor de turbină d.* Moscova, 1959.

[9] Jiriţki, *Construcţia şi calculul de rezistenţă ale pieselor de la turbinele cu abur*, Moscova, 1960.

(Articol intrat în redacţie la 16 mai 1970)

◆

Stadiul actual al folosirii analizoarelor de reţea în străinătate

Ing. A. Rothman*)

Există în prezent o atît de mare răspîndire a calculatoarelor numerice, încît folosirea lor pe scară din ce în ce mai largă, în domenii dintre cele mai variate, ne permite să afirmăm că acestea reprezintă mijlocul modern fundamental de abordare a multor probleme. Totuşi, tehnica digitală nu exclude tehnica analogică ; există multe domenii unde aceste posibilităţi de calcul se suplimentează reciproc, oferind fiecare avantaje complementare.

Bazîndu-ne pe simpla constatare că o serie de mijloace de calcul considerate depăşite continuă să fie fabricate de întreprinderi serioase, ceea ce dovedeşte că se găsesc amatori pentru ele, vom examina în cele ce urmează atît caracteristicile tehnice ale analizoarelor moderne la reţea, cît şi logica folosirii lor.

Vom începe printr-o informare sintetică asupra situaţiei din străinătate a analizoarelor de reţea.

Mijloace analogice pentru studiul sistemelor energetice

Sistemul energetic reprezintă un domeniu complex, care la planificare, proiectare, construcţie şi funcţionare a necesitat şi necesită mijloace de calcul importante. Este util să amintim că sistemul energetic constituie unul dintre primele domenii în care tehnica numerică a găsit o largă aplicaţie practică.

Încă din prima etapă a dezvoltării sistemelor energetice mai importante, adică în deceniul al doilea al secolului nostru, o dată cu apariţia primelor linii de 110 şi 220 kV a apărut necesitatea unui „model'' care să permită o simulare a funcţionării lui. Modelul cel mai simplu care putea fi conceput era modelul de curent continuu, acesta fiind, de altfel, primul mijloc analogic folosit în tehnica de calcul a sistemelor energetice [1]—[3].

În jurul anului 1940 au apărut primele mese de curent alternativ [4]. Aceste mijloace s-au dezvoltat dînd naştere unor construcţii din ce în ce mai perfecţionate, considerate în perioada 1950—1955 drept mijlocul de bază pentru calculul sistemelor energetice [5]. În afară de construcţia analogică care devine clasică şi este cunoscută sub denumirea de masă de curent alternativ sau analizator de reţea de curent alternativ, au fost dezvoltate modele particulare de rețea, cum ar fi calculatorul Blackburn, care folosește ca elemente simulatoare transformatoare [6]. De asemenea, Electricité de France dezvoltă modele dinamice constituite din micromașini și microrețele, asemănătoare mașinilor și rețelelor existente [7]. În Statele Unite au fost folosite și calculatoare analogice speciale (Anacom) [8]—[11]. De fapt, Anacom trebuie considerat ca fiind primul tip de calculator folosit pentru studiul fenomenelor tranzitorii [11].

---

*) Ing. Aurel Rothman este cercetător principal la ICENERG.

În prezent, așa cum arată dr. H. Bauer [12], există trei aspecte caracteristice în dezvoltarea modernă a mijloacelor de calcul analogice :

— tendința către folosirea elementelor electronice automatizate pentru modelarea generatoarelor și a sarcinilor ;

— folosirea elementelor simulatoare, care în paralel cu modelul de rețea permit rezolvarea directă a problemelor de stabilitate tranzitorie ;

— apariția calculatoarelor numerice a împins tehnica analogică către miniaturizare, permițînd dezvoltarea unor modele de dimensiuni economice care, fie prin prețul lor redus, fie prin vizionarea pe care o oferă, reprezintă mijloace competitive cu tehnica numerică (fig. 1).

În ultimul deceniu s-au dezvoltat noi tipuri de analizoare de rețea de curent alternativ [13]—[17], capabile să rezolve toate problemele regimurilor staționare, scurtcircuite, stabilitate statică și dinamică.

Se poate spune cu certitudine că și modelul de curent continuu a cunoscut o nouă tinerețe [18]—[23].

Dacă se examinează dezvoltarea modernă a diferitelor mijloace de calcul, se observă evoluția în continuare a unor modele de rețea de diferite tipuri constructive, care pun în valoare ultimele perfecționări tehnologice, căutînd să realizeze elemente cu o precizie cît se poate de mare, sub forma unor construcții compacte, amplificabile modular.

Printre construcțiile moderne de analizoare de rețea trebuie menționat modelul (Siemens), care funcționează la 1591,6 Hz ($2\pi f = 10\,000$), avînd patru generatoare și care poate fi folosit pentru rezolvarea tuturor problemelor sistemului energetic. Modelul poate fi amplificat după dorință.

Elementele generatoare pot modela f.e.m. ca mărime și fază, precum și reactanța longitudinală X a mașinii sincrone. Modelul lucrează cu următoarele mărimi de referință : tensiune relativă : 25 V ; curent relativ : 25 mA ; rezistență relativă : 1 kΩ ; putere relativă : 0,625 VA.

Modelul este dotat cu 36 elemente $R-X$, fiecare fiind compus dintr-o valoare redusă și o valoare mare de rezistență care poate varia impedanța pînă la 62 %, 16 sarcini active care pot fi modelate cu potențiometre în limitele 1—200 %, 14 sarcini reactive care pot fi modelate cu inductanțe de 0—100 % și capacități 0—24,8 %.

Capacități concentrate în noduri pot fi modelate cu alte 30 simulatoare de sarcină capacitivă. Modelul mai are patru autotransformatoare și șase transformatoare de izolare pentru modelarea defectelor nesimetrice. Pentru modelarea unei rețele există posibilitatea pre-

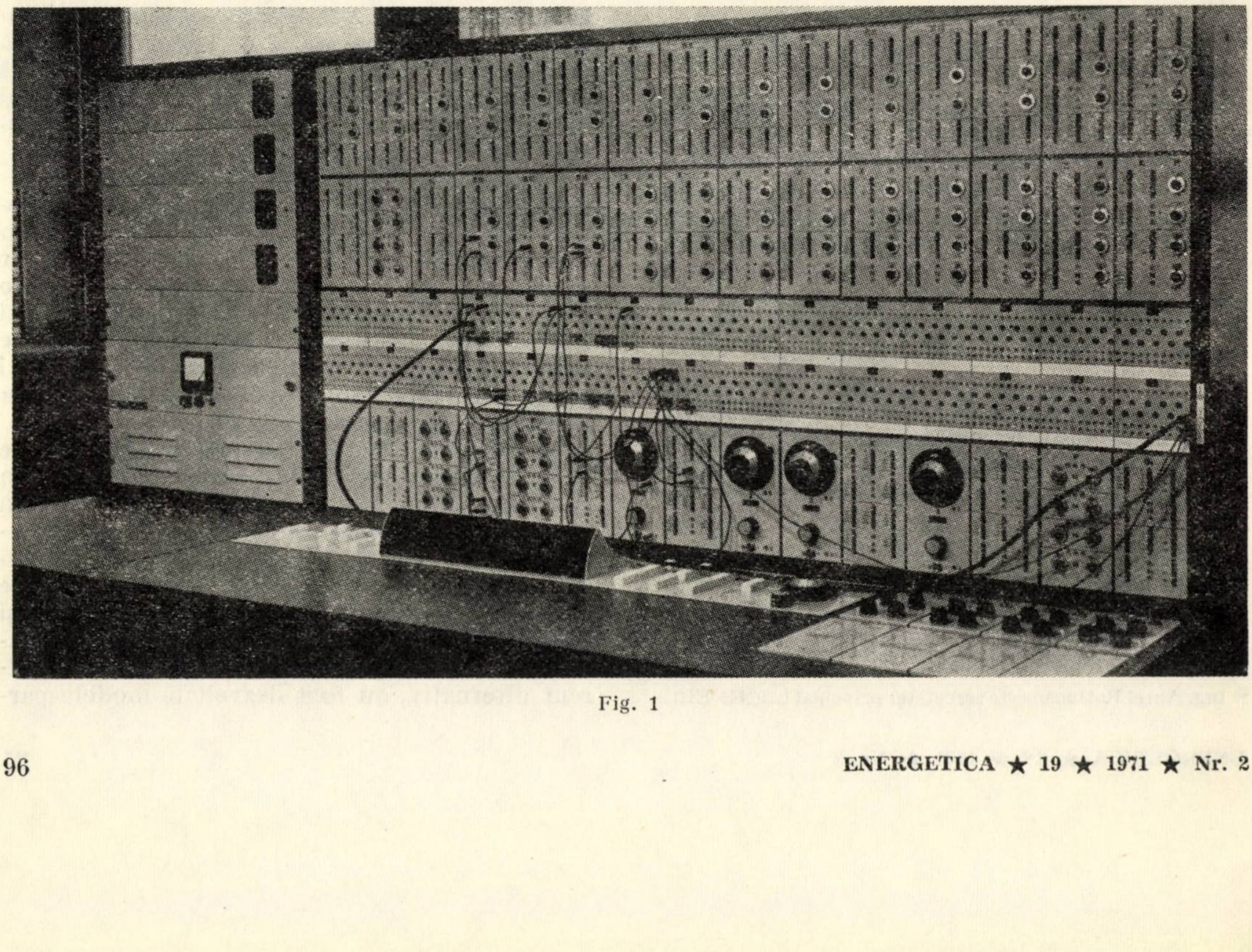


Fig. 1

vederii a 270 de noduri. Alte legături pot fi realizate cu 270 de cordoane flexibile. Elemente de măsură există în fiecare nod. Un wattmetru-varmetru permite citirea puterilor cu o precizie de 1%, iar un ampermetru-voltmetru permite măsurarea curenţilor sau a tensiunilor cu aceeaşi precizie. O punte de rezistenţă permite modelarea unor rezistenţe longitudinale cu aceeaşi precizie de 1%. Este prevăzut, de asemenea, un aparat de măsură a unghiurilor de defazaj. Există posibilitatea ca 18 dintre elementele $R-X$ să fie livrate sub forma unor circuite π. Manevrarea masei se poate face şi prin comandă de la distanţă, prevăzîndu-se relee de execuţie [14].

Un alt analizor remarcabil este cel fabricat în Japonia [24], care este un analizor de reţea construit pe baza tehnicii electronice (fig. 2). Acest analizor lucrează la 3980 Hz ($2\pi f = 25\,000$), avînd următoarele mărimi de referinţă: tensiune: 10 V; curent: 100 mA; putere: 1 W; rezistenţă: 1 kΩ.

Generatoarele sînt prevăzute cu reglare automată a puterii generate şi a unghiului intern, iar sarcinile sînt prevăzute cu reglare automată a tensiunii. Măsurătorile se execută pe baza alegerii automate a domeniului de măsură. Analizorul se fabrică în mai multe tipuri avînd 3; 6; 9; 12; 18 generatoare.

În general, experienţa a nouă întreprinderi mari de electricitate din Japonia, dotate cu astfel de analizoare, a dus la concluzia că 18 elemente generatoare dînt suficiente.

Un alt analizor modern, construit în Anglia [25], funcţionează la 1592 Hz. Acest analizor permite studiul regimurilor tranzitorii, cum ar fi, de exemplu, tensiunea de restabilire. Este prevăzut cu 12 generatoare, 120 elemente de linii, 36 elemente de sarcină, 36 autotransformatoare şi 72 capacităţi.

O caracteristică interesantă a acestui analizor este existenţa unei scheme sinoptice luminoase, care permite, suprapunînd schema sistemului studiat desenată pe hîrtie transparentă, să se controleze corectitudinea legăturilor şi să se dispună în acelaşi timp de o schemă reală a sistemului studiat.

Analizoare electronice moderne (1591 Hz) de tip compact, economice şi cu elemente de mare precizie, sînt produse în prezent şi de firma Dukes & Briggs din Anglia [26].

În ultimul timp, firme foarte importante [27] au construit noi tipuri de analizoare de curent continuu.

Rolul şi importanţa actuală a mijloacelor analogice de calcul

În aceste condiţii s-a readus în discuţie rolul analizoarelor de reţea, ţinînd seamă de evoluţia modernă a acestora şi de importanţa actuală a calculatorului numeric.

Necesitatea unor mijloace de calcul analogice este justificată de firma de specialitate şi ca un mijloc suplimentar, care pregăteşte cunoaşterea mai detaliată a problemelor ce vor fi apoi rezolvate cu calculatoare numerice. Astfel, se menţionează că în oraşul brazilian Sao Paulo există pentru studii energetice două calculatoare mari IBM 360, dar fiecare inginer tînăr trebuie să cerceteze, timp de doi ani, diferite probleme de sistem pe un analizator de reţea de curent alternativ înainte de a trece la calculatorul numeric. În ultimii trei ani firma Siemens a livrat două analizoare moderne de tipul descris mai sus, unul Universităţii Madras şi altul unei întreprinderi de electricitate olandeze. Alte 20 de tratative de livrări de analizoare, dintre care cîteva urmează a fi lansate în anii viitori, sînt actualmente în curs de perfectare.

Un mare analizor de reţea de curent alternativ a fost comandat la sfîrşitul lui 1968 de întreprinderea de electricitate din Buenos Aires.

După firma japoneză Yokogawa, avantajele pe care le are analizorul în raport cu calculatorul

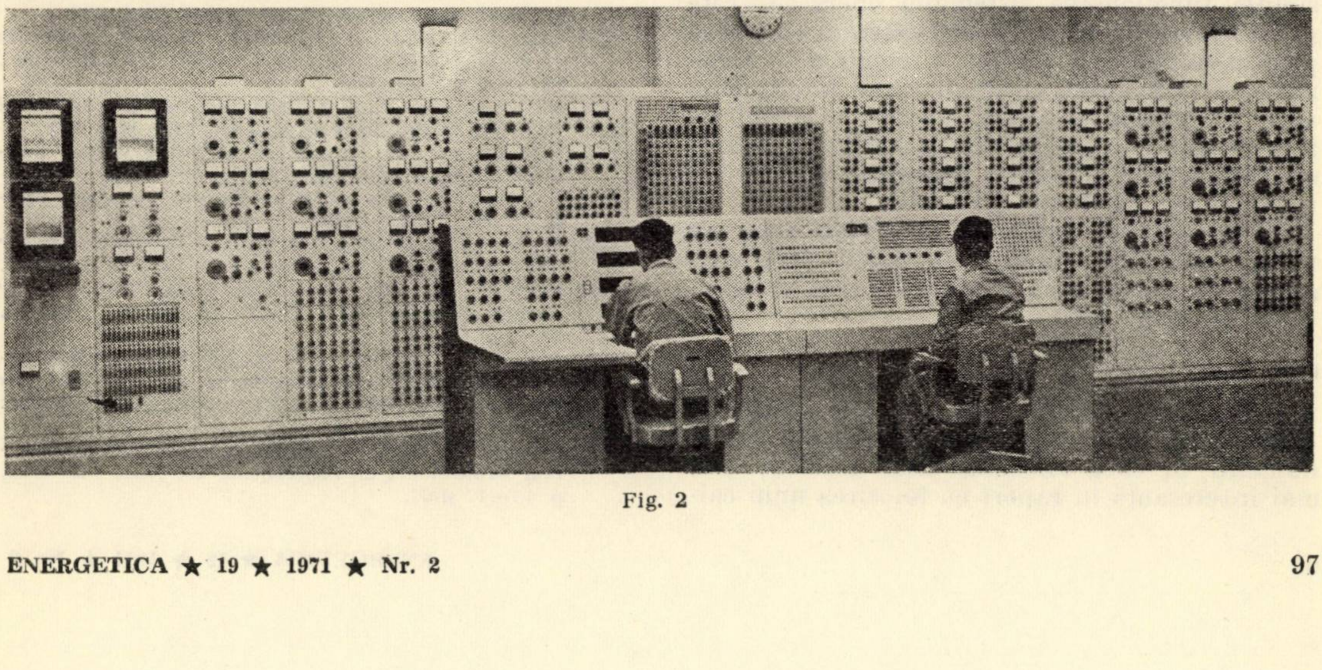


Fig. 2

numeric, avantaje acceptate de aproape majoritatea întreprinderilor de electricitate din lume, sînt următoarele :

— Spre deosebire de dispozitivele numerice care includ calculatoarele numerice, un sistem energetic poate fi reprezentat pe un analizor de rețea printr-o substituție simplă a elementelor sistemului cu circuite electrice.

— Cu ajutorul acestui analizor pot fi rezolvate diverse probleme, folosind elemente simulatoare pentru mașini sincrone, transformatoare și linii. Cu astfel de probleme inginerii electricieni sînt foarte familiarizați.

— Analizorul de curent alternativ este mijlocul esențial pentru studiul rapid al rețelelor complicate, în diferite condiții de sarcină. Chiar și pentru sisteme simple, precizia pe care o oferă un calculator numeric nu este de cele mai multe ori necesară.

— Investițiile necesare pentru achiziționarea unui analizor de curent alternativ pot părea relativ ridicate, dar ele sînt mici în raport cu economiile ce pot fi obținute printr-o planificare și exploatare mai bună a sistemului energetic. Probabil că economiile cele mai mari obținute au fost cele care au rezultat ca urmare a studiului stabilității tranzitorii.

F. Dietrich [27] arată că alegerea mijlocului de calcul, și anume analizor de rețea de curent alternativ, de curent continuu, sau calculator numeric, depinde de natura problemei.

Posibilitățile pe care le oferă un calculator numeric nu pot fi întotdeauna puse în valoare în mod economic, atunci cînd este vorba, spre exemplu, de rețele de medie sau joasă tensiune; în acest domeniu, un analizor de rețea de curent alternativ poate fi mai indicat. Analizorul oferă multe posibilități, fiind foarte util în special în cazul în care rețeaua comportă diferite trepte de tensiune și trebuie luate în considerare probleme de circulație a puterii reactive pentru alimentări din centrale multiple.

Un alt aspect important al folosirii analizoarelor moderne de curent alternativ, care pot simula funcționarea sistemului energetic, este posibilitatea lor de a înlocui sistemul energetic pentru verificarea on-line a conducerii automate a sistemului energetic prin intermediul unui calculator numeric. Pentru o astfel de funcționare s-a folosit la laboratorul tehnic al Institutului Central Energetic din Tokio un analizor YEW tip COM—25.

În Anglia s-a construit în același scop un model special de curent alternativ [29], care a fost folosit pentru experimentarea dispecerului automat [30].

Concluzii

După cum rezultă din ultimele realizări, există din punct de vedere economic multe domenii în care folosirea unui analizor este mai interesantă în raport cu folosirea unui calculator numeric, aceasta atît în privința costului calculului, cît și a manevrabilității datelor fizice și a rezultatelor, a posibilităților de a lua în considerare rapid variante suplimentare și de a urmări fizic procesul din rețea.

Analizorul de curent alternativ nu reprezintă un mijloc antagonist în raport cu calculatorul numeric, ci unul complementar, care permite o triere a variantelor și o înțelegere mai bună a problemelor care vor fi puse calculatorului numeric.

Drept analizor de rețea nu se poate accepta decît o construcție modernă care pune în valoare toate automatizările multiple și care este dotată cu mijloace numerice și analogice de prezentare a rezultatelor.

Impresia că analizorul de curent alternativ este arhaic se referă mai mult la o anumită imagine pe care și-o fac unii ingineri care se gîndesc la produsele anilor 1945—1960, fără a avea în vedere evoluția modernă a mijloacelor analogice.

Avînd în vedere cele expuse în prezentul articol, considerăm că ar fi interesant să se examineze posibilitatea instalării la noi în țară a unui analizor ultramodern.

Bibliografie

[1] * * * *Westinghouse Electrical Transmission and Distribution.* Reference Book, ed. 4, 1950, cap. 13, p. 475.

[2] Chorlton, A., Robert, R. și Concordia, C. *Moyens de calcul employès pour l'ètude des réseaux d'ènergie. Experiences acquises concernant l'emploi des divers analyseurs en Grande-Bretagne, en France et aux Etats-Unis.* CIGRE 1954, Rap. 323.

[3] Hahn, W.C. *Load Studies on D.C. Calculating Board.* Electrical Review, iul-aug. 1931.

[4] Koch, W. *Das Weschselstromnetzmodell der Siemens-Schuckertwerke.* Siemens Z., 20, 1940, p. 3—7.

[5] Praymer, D. *Today's Network Calculators Will Plan Tomorrow's Systems.* Electr. World, nr. 125, 1946, p. 52—54.

[6] Humprey, D. și Slemon, C.R. *Transformers-Analogue Network Analysers.* Proc. I.E.E., 100, P. II, oct. 1953, p. 469—486.

[7] Robert, R. *Micromachines et microréseaux. Etude des problèmes de stabilité transitoire par la réalisation de modèles électromécaniquement semblables aux machines et réseaux existants.* CIGRE, 1950, Rap. 338.

[8] Harder, E.L., Carleton, J. *New Techniques on the Anacom Electric Analog Computer.* A.I.E.E. Trans., 69, 1950, p. 547—556.

[9] Concordia, C. *The Differential Analyser as an Aid in Power System Analysis.* CIGRE, 1950, Rap. 311.

[10] Peterson, H. *An Electric Circuit Transient Analyser.* Gl. El. Review, 42, 1939, p. 394—400.

[11] Wagner, L. *Anacon Solves System Transients.* Electr. World, 1953, p. 127.

[12] Bauer, H. *Analoge und digitale Hilfsmittel bei der Netzplanung.* E.T.Z.—B, 19, nr. 23, 1967, p. 657—661.

[13] Bauer, H. *Das neue Wechselstrom-Netzmodell der Siemens-Schuckertwerke.* E.T.Z—A, 76, 1, 1955, p. 29—36.

[14] Bauer, H. și Dorsch, H. *Das Wechselstrom-Netzmodell des Siemens-Schuckertwerke A.G. gestaltet aus den Problemen des Energieverbundbetriebes,* Siemens 1956.

[15] Baret, Ph. *Tables à calculs et micro-réseaux.* Le Moniteur Professionel de l'Electricité, 15, 1949, mai 1960, p. 13—17 și 67.

[16] Fassler, E. *Ein neues Wechselstrom-Netzmodell zur Lösung von Problemen des Betriebes und des Ausbaues elektrischer Netze.* B.B.C. Mitt., 40, nr. 11/12, 1953, p. 455–461.

[17] Sailer, K. *Das Wechselstrom-Netzmodell der Österreichischen Verbundgeselschaft.* E.u.M., 73, nr. 7/8, apr. 1956, p. 158–164.

[18] Braun, W. şi Scherl, R. *Anwendungsmöglichkeiten des Gleichstrom-Netzmodelles.* Elektrizitätswirtschaft, 56, nr. 8, 1957, p. 240–245.

[19] Magnien, M., Boyer, M. *La nouvelle table à calcul à courant continu d'Electricité de France,* R.G.E., nr. 10, oct. 1953, p. 453.

[20] Page, G. C. şi Roos, A. E. *D.C. Calculating Board Analyses Circuits.* Modern Power Engineer, 54, nr. 11, 1960, 82–83 şi 113–114.

[21] Hoffmann, C. H. şi Lebenbaum, M. *A Modern D.C. Network Analyser.* A.I.E.E. Trans. P. III, 75, 1956, p. 156–162.

[22] Wacarda, G. *Untersuchung von kurzschlussproblemen in Hochspannungsnetzen mit dem Gleichstromnetzmodell.* Deutsch. Elektr., 12, nr. 6, iun. 1958, p. 184–190.

[23] Dadda, L. *Il modello di reti a corrente continua del centro di studio dei modelli elettrici.* Energia Elettrica, 1954, nr. 3.

[24] * * * *All Electronic Network Analyser Yokogawa Electric Works,* Ltd. List No. DF–L122, E–2, oct. 1961.

[25] * * * *The Reyrolle Network Analyser.* Pamphlet No. 1278/3–54

[26] * * * *All Electronic Network Analyser.* Dukes & Briggs Co.

[27] Dietrich, F. *Das Gleichstrom Netzmodell als Hilfsmittel zur Netzplannung und Netzberechnung.* BBC Nachr., 51, nr. 10, oct. 1969, p. 582–587.

[28] Dweck, E. E. *Functional Network Analysis.* Matrix and Tensor Quarterly, 18, nr. 2, dec. 1967, p. 55–59.

[29] Bain, D.K.S. *Power System Model.* Proc. I.E.E., 114, nr. 8, aug. 1967, p. 1131–1138.

[30] Pettit, A. *Digital Computer Programs for an Experimental Automatic Load Dispatching System.* Proc. I.E.E., 115, nr. 4, apr. 1968, p. 597–605.

(Articol intrat în redacţie la 10 aprilie 1970)

Informaţii tehnice

Dezvoltarea construcţiei de turbine cu gaze în ultimii ani a atins în toată lumea cifre record. La începutul anului 1970 erau în funcţiune peste 6 000 unităţi cu o putere instalată de 46 000 MW. Creşterea ritmului este evidentă dacă se ţine seamă că au fost instalaţi 4 000 MW numai în 1969. Puterea unitară maximă a turbinelor cu gaze este de 100 MW (turbina GT-100-750, produsă de LMZ – U.R.S.S.).

În U.R.S.S. majoritatea turbinelor cu gaze (TG) au fost produse pentru compresoarele conductelor de gaz, unde s-au dovedit deosebit de economice. În prezent în U.R.S.S. funcţionează compresoare de acest tip totalizînd 1 500 MW instalaţi. În viitor se preconizează realizarea unor grupuri de 25 – 40 MW pînă în 1975 şi 50 – 60 MW în perspectivă.

Pentru centrale electrice, în U.R.S.S. se realizează tipuri de TG care să funcţioneze în regim de bază. Sînt în funcţiune grupul de 25 MW la Kiev şi de 50 MW la Harkov. Experienţa a arătat că TG nu sînt economice în regim de bază. În perspectivă se prevăd aceste turbine pentru termoficare, pe baza turbinei de 25 MW, care prezintă avantaje economice.

De asemenea se prevede o largă folosire a TG pentru acoperirea sarcinilor la vîrf (500 – 1000 h/an). La Krasnodar funcţionează cu rezultate bune turbina de vîrf de 100 MW. Din anul 1972 se va trece la fabricarea în serie a următoarelor turbine de vîrf: GT-100-750 de 100 MW, GTE-30-78 de 30 MW şi GT-35-770 de 35 MW. Greutatea pe kW instalat la aceste grupuri este de 4,5, 5,6 şi 6,5 kg/kW, cu randamente de 28, 25,6 şi 24%.

Sînt în curs cercetări pentru mărirea puterii unitare a acestor tipuri.

Utilizarea motoarelor de avion, răspîndită în alte ţări, unde se folosesc în special ca surse de avarie la centrale electrice mari, nu a fost aplicată în U.R.S.S. În perspectivă se prevede folosirea acestor tipuri de TG pentru surse în caz de avarii şi acoperirea vîrfurilor de sarcină cu maximum 500 h/an.

Se prevede utilizarea în viitor a unor TG combinate cu turbine cu abur, prin realizarea de focare sub presiune la cazane şi introducerea în acestea a gazelor de la TG, sau cu compresor antrenat de TG, care produce o circulaţie sub presiune a aerului în focar.

Din această serie funcţionează cîteva tipuri mici experimentale şi se instalează la centrala Nevinomîsk un grup de 200 MW. Se consideră că tipurile combinate de acest gen au mare perspectivă, putînd conduce la scăderea cu 4 – 7% a consumului de combustibil.

După anul 1980 se întrevede folosirea TG la centralele nucleare cu puteri unitare de 2 500 – 3 000 MW.

Avantajele utilizării TG sînt ilustrate de costul mic al investiţiei care la TG de vîrf ajunge la 20 – 25 ruble/kW pentru echipamentul termomecanic, iar pe centrala electrică la 55 – 70 ruble/kW.

(După ,,*Teploenerghetika*" nr. 11, 1970, articolele ,,*Perspectiva dezvoltării instalaţiilor TG în U.R.S.S*"; ,,*Experienţa de construcţie a turbinei de 100MW-LMZ*"; ,,*Experienţa de exploatare a turbinei GT-6-750*"; ,,*Construcţia turbinelor cu gaze la uzina NZL*")

În nr. 12/1970 al revistei ,,Elektriceskie stanţii" a apărut un extras al titlurilor tuturor articolelor din presa tehnică mondială din ultimul an referitoare la centrale nuclearoelectrice. Lista cuprinde titlul articolului, autorul, revista, cu indicarea locului şi datei apariţiei

În nr. 5/1970 al revistei ,,Energohozeaistvo za rubejom" sînt publicaţi, pe baza unei bibliografii recente, principalii indicatori de funcţionare a centralelor nuclearoelectrice din lume în perioada 1967 – 1969.

Sînt prezentate centralele nuclearoelectrice din Anglia (12 centrale), Olanda (1), Italia (3), Canada (1), Spania (1), India (2), S.U.A. (10), Franţa (4), R.F.G. (3), Elveţia (1) şi Japonia (1), cu numărul de reactoare, data pornirii reactorului (atingerea parametrilor critici), data pornirii energetice a centralei, data atingerii parametrilor proiectaţii, puterea electrică instalată, în MW, numărul turbogeneratoarelor, puterea electrică proiectată (brutto şi netto), precum şi puterea electrică real atinsă la 1 ianuarie 1970.

Este prezentată dinamica utilizării centralelor nuclearoelectrice pe 1967 – 1968 – 1969 pe ţări, cu indicarea puterii instalate, energia electrică produsă, coeficientul mediu de utilizare a puterii instalate şi coeficientul mediu al sarcinii pe centrale.

De asemenea, sînt prezentaţi, pe cei, trei ani, indicatorii centralelor nucleare, repartizate pe tip de reactor utilizat, cu extragerea aceloraşi parametri. În fine, se prezintă numărul şi cauza opririi centralelor nuclearoelectrice, pe cei trei ani, global şi pe tipuri de reactoare. Între cauzele opririlor se citează suprasolicitarea elementelor degajatoare de căldură, reparaţii şi opriri de avarie, cu verificări ulterioare sau introduceri de modificări, inclusiv reparaţii la echipamentul clasic, avarii la elementele degajatoare de căldură.

Compararea indicatorilor de exploatare a centralelor nuclearoelectrice cu ai centralelor termoelectrice arată o funcţionare satisfăcătoare a centralelor nucleare.

(,,*Elektriceskie stanţii*", *nr. 12, 1970 şi* ,,*Energohozeaistvo za rubejom*" *nr. 5, 1970*)

Comitetul de stat pentru energie din Suedia preconizează ca pînă în toamna anului 1971 să intre în funcţiune încă patru noi grupuri cu turbine cu gaze, pentru a răspunde creşterii rapide a necesarului de energie. Două grupuri industriale cu turbine cu gaze, de 70 MW fiecare, comandate la firma suedeză ,,Stal-Laval", vor fi instalate la 360 km sud de Stockholm.

Celelalte două grupuri, de 65 MW fiecare, vor fi executate de firma ,,English Electric" şi vor fi instalate unul la Hallstavik, iar celălalt la Gőteborg. În prezent, Suedia dispune de zece centrale cu turbine cu gaze. În 1971 puterea totală instalată a acestor centrale va reprezenta 750 MW.

(,,*The Heating and Ventilating Engineer*" *44, nr. 518, 1970*)

Academician profesor inginer
MARTIN BERCOVICI

La 19 ianuarie 1971 a încetat din viață acad. prof. ing. Martin Bercovici, personalitate științifică și tehnică de reputație internațională.

Născut la 24 august 1902 în orașul Bîrlad, Martin Bercovici a urmat școala primară și liceul din acest oraș, iar între anii 1921 și 1926 a frecventat cursurile Școlii Politehnice din București, obținînd diploma de inginer în specialitatea electromecanică.

După terminarea studiilor și-a început activitatea ca inginer la C. F. R., iar din anul 1927 pînă în anul 1948 a activat ca inginer la fosta Societate Generală de Gaz și de Electricitate din București, unde în 1939 a promovat în funcția de subdirector tehnic. Din 1947, cînd fosta societate generală s-a transformat în Întreprinderea Generală de Electricitate București, a ocupat funcția de subdirector general. În perioada 1948 — 1949 a lucrat ca director al Direcției Energiei din Ministerul Industriei și apoi ca director și organizator al Institutului de studii și proiectări energetice (ISPE). În această calitate a adus o contribuție deosebit de prețioasă la elaborarea primului plan decenal de electrificare a țării noastre și de folosire integrală a apelor, concomitent cu preocuparea pentru introducerea celor mai noi soluții tehnice în problemele de producere, transport și distribuție a energiei electrice. În perioada 1952—1954 a funcționat ca director al Direcției Tehnice din Ministerul Energiei Electrice și Industriei Electrotehnice, după care, în toamna anului 1954 a fost transferat la Comitetul de Stat al Planificării, ca director al Direcției energiei electrice, iar din ianuarie 1958 și pînă în 1968 a fost consilier tehnic în Direcția Coordonării Planului de Stat.

În cadrul Comitetului de Stat al Planificării a desfășurat o activitate susținută pe linia dezvoltării sistemului electroenergetic național (centrale termo și hidroelectrice, rețele de transport și distribuție de înaltă și joasă tensiune), precum și a utilizării raționale a energiei de toate formele (întocmirea de bilanțuri energetice anuale și de perspectivă, reducerea consumurilor specifice de energie în industrie etc.), aducînd o valoroasă contribuție la fundamentarea liniilor principale ale politicii energetice în țara noastră.

Paralel cu munca profesională a desfășurat o vie și bogată activitate didactică și științifică în calitate de profesor și cercetător științific. Astfel, în perioada 1940 — 1944 a funcționat ca director și profesor al Școlii tehnice medii și superioare din București, iar în ultimele două decenii ale vieții ca profesor și șef de catedră la Institutul politehnic din București. În paralel a activat și ca șef de secție la Institutul de energetică al Academiei R.S. România. Ca urmare a acestor activități și preocupări continue, Martin Bercovici a participat efectiv la formarea a numeroase generații de ingineri și cercetători științifici în domeniul energeticii generale și a contribuit la dezvoltarea școlii românești în domeniul rețelelor și sistemelor electroenergetice.

A ținut conferințe de specialitate în țară și în străinătate și a participat cu numeroase rapoarte și referate la diverse conferințe și congrese internaționale cu caracter profesional (CME, CIGRE, UNIPEDE etc). A publicat articole și studii de specialitate în diferite reviste românești și străine. A fost membru permanent al Conferinței internaționale a marilor rețele electrice (CIGRE). De asemenea, a desfășurat o intensă activitate obștească în cadrul Consiliului central al fostei Asociații științifice a inginerilor și tehnicienilor (ASIT), unde, o îndelungată perioadă, a îndeplinit sarcina de președinte al secției energetice. În această calitate a fost printre inițiatorii și organizatorii ,,Primei conferințe a electricienilor", în noiembrie 1957, care s-a bucurat de un deosebit succes, atît prin amploarea participării specialiștilor români și străini, cît și prin conținutul referatelor prezentate și al discuțiilor purtate.

Prin sarcinile importante pe care le-a îndeplinit în tratativele cu R.S.F. Iugoslavia și ca președinte al Părții române a Comisiei de avizare a proiectelor pentru lucrările de amenajare a Dunării în sectorul Porțile de Fier, a adus contribuții rodnice în realizarea acestor lucrări.

Pentru activitatea sa prodigioasă și multilaterală și pentru meritele sale deosebite a fost ales în 1952 membru corespondent al Academiei R.S. România, iar din 1963 a devenit membru titular al acestui înalt for științific.

A fost distins cu Premiul de Stat clasa I și cu numeroase ordine și medalii românești și străine.

Din anul 1969 a fost membru al Partidului Comunist Român.

Prin dispariția academicianului Martin Bercovici, știința, tehnica și învățămîntul din țara noastră suferă o grea pierdere.

Toți cei care l-au cunoscut și apreciat vor păstra neștearsă amintirea distinsei sale personalități, care a cinstit și servit timp de peste patru decenii știința și tehnica românească.

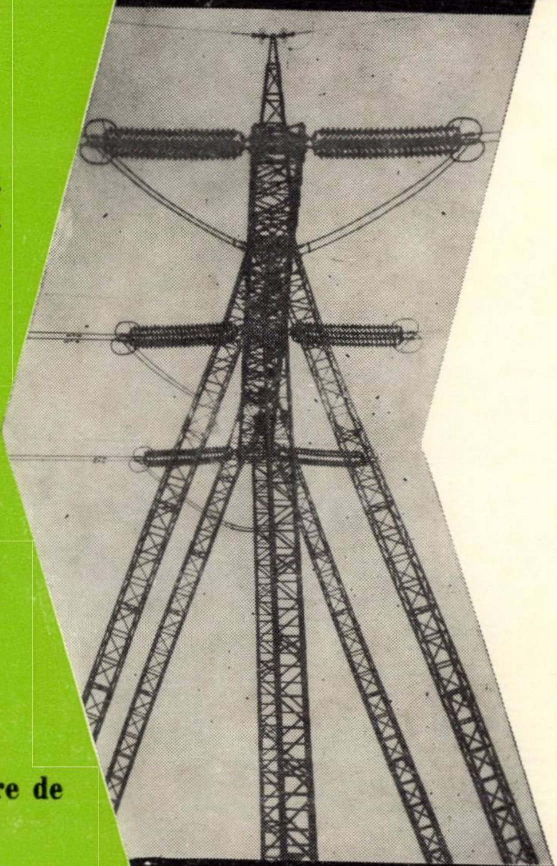
ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1383

ÎNTREPRINDEREA
ELECTROMONTAJ
BUCUREȘTI
Str. Candiano Popescu nr. 1

EM

EXECUTĂ

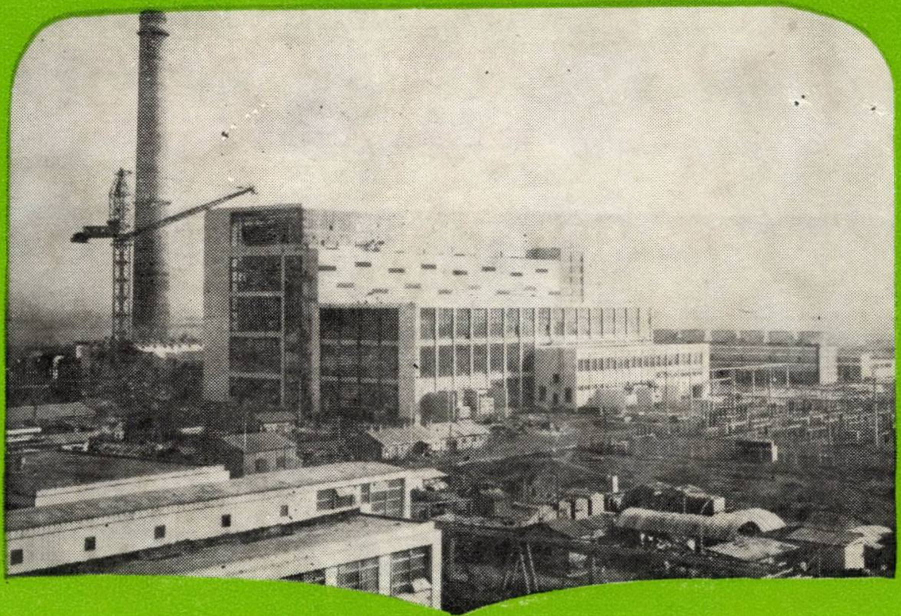
- linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV
- linii electrice de distribuție;
- rețele electrice în cablu subteran și subfluviale pînă la 110 kV;
- stații de transformare de 35–400 kV;
- stații de distribuție și posturi de transformare.



ELECTROMONTAJ
BUCUREȘTI

ÎNTREPRINDEREA ELECTROCENTRALE

ORADEA



CET Oradea, cu o putere totală instalată de 105 MW și dispunînd de trei cazane de apă fierbinte de cîte 100 Gcal/h, asigură necesitățile de energie electrică și căldură ale consumatorilor din municipiul Oradea și împrejurimi, la un înalt grad de siguranță și calitate.

CET Arad, CET Timișoara și CET Reșița furnizează căldură consumatorilor industriali și ridică gradul de siguranță în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor din zonele respective.

INTREPRINDEREA ELECTROCENTRALE ORADEA
ȘOS. BORȘULUI, km 5

Întreprinderea de piese radio și semiconductori Băneasa

PIESE RADIO

- Rezistoare cu peliculă de carbon
- Rezistoare bobinate
- Termistoare
- Condensatoare polistiren
- Condensatoare poliester metalizat
- Condensatoare hîrtie metalizată
- Condensatoare hîrtie, pentru echipament auto
- Condensatoare hîrtie, pentru startere
- Condensatoare hîrtie, pentru antiparazitare
- Condensatoare hîrtie, pentru telefonie
- Condensatoare electrolitice normale
- Condensatoare electrolitice miniatură
- Condensatoare ceramice
- Cablaje imprimate

DISPOZITIVE SEMICONDUCTOARE

- Tranzistoare cu germaniu de joasă frecvență
  - — de mică putere
  - — de medie putere
  - — de putere
- Tranzistoare cu germaniu de înaltă frecvență
  - — de mică putere
  - — drift
- Tranzistoare de putere
- Diode de semnal șicomutație cu contact punctiform
- Diode redresoare cu Germaniu
- Diode redresoare cu Siliciu
  - — de mică putere
  - — de putere
- Diode stabilizatoare de tensiune cu Siliciu, de mică putere
- Fotodiode cu Germaniu

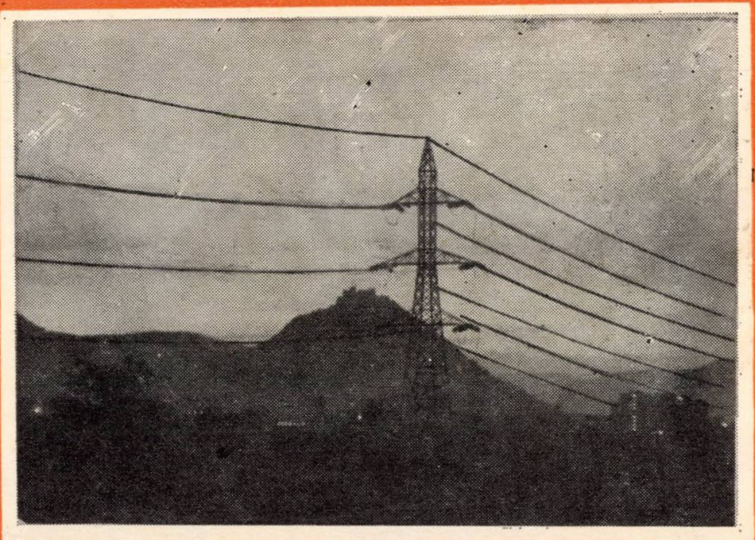
ÎNTREPRINDEREA DE PIESE RADIO ȘI SEMICONDUCTORI BĂNEASA

STR EROU IANCU NICOLAE NR. 32 • SECTORUL 2
TELEFON 33.38.30 • TELEX. 011203

irme
% CO₂
contribuie la ridicarea
nivelului de exploatare
şi la introducerea
automatizărilor în instalatiile
de cazane din
centralele electrice

IEC DEVA

ÎNTREPRINDEREA ELECTROCENTRALE DEVA
COM. MINTIA, JUD. HUNEDOARA



FURNIZEAZĂ ENERGIE ELECTRICĂ SISTEMULUI ENERGETIC NAŢIONAL, PRIN CENTRALELE SALE TERMOELECTRICE PAROŞENI ŞI DEVA.

Centrala termoelectrică Deva, în construcţie, cu o putere totală instalată de 840 MW în prima etapă, funcţionează în prezent cu o putere de 420 MW.

Pînă la sfîrşitul anului 1971 este prevăzută terminarea primei etape, respectiv punerea în funcţiune a puterii totale de 840 MW. Echipamentul şi instalaţiile moderne, prevăzute cu un înalt grad de automatizare şi concentrare a comenzilor, asigură producerea şi furnizarea energiei electrice în condiţii de siguranţă şi calitate ridicată.

■ Prin centralele sale electrice, IEC Ploiești furnizează energie electrică sistemului energetic național.

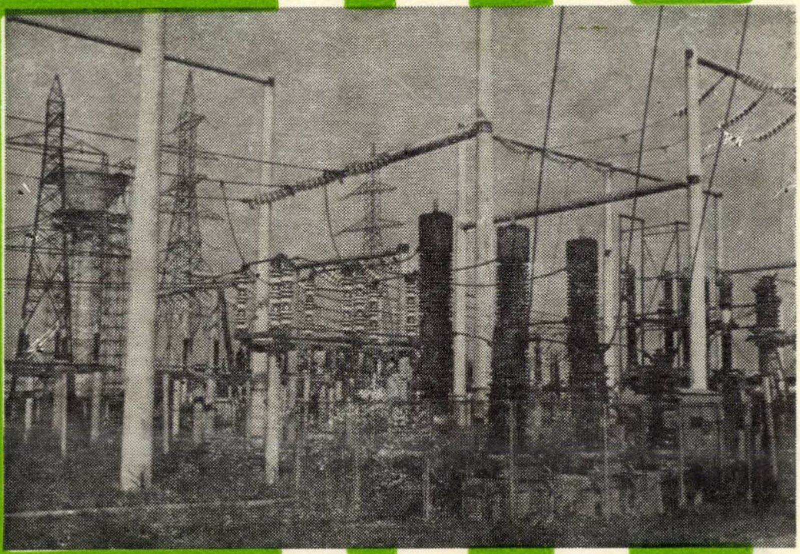
■ Centrala electrică de termoficare Brazi livrează căldură consumatorilor de pe platforma industrială Brazi, serelor și ansamblurilor de locuințe din municipiul Ploiești.

■ Centrala termoelectrică Doicești livrează și cenușă pentru fabricarea betonului celular autoclavizat și a cimenturilor speciale.

IEC PLOIEȘTI

ÎNTREPRINDEREA ELECTROCENTRALE PLOIEȘTI
COM. BRAZI, JUD. PRAHOVA

IDEB



proiectează, execută, exploatează :

instalații electrice de joasă, medie și înaltă tensiune pentru alimentarea consumatorilor casnici, a obiectivelor social-culturale și a întreprinderilor industriale, precum și instalații electrice pentru iluminatul străzilor, al bulevardelor, al clădirilor, al monumentelor etc. de pe teritoriul Municipiului București.

INTREPRINDEREA DE DISTRIBUȚIE
A ENERGIEI ELECTRICE BUCUREȘTI
Bd. 1 Mai nr. 41—43

AVEȚI NEVOIE DE O SURSĂ DE ENERGIE?

SSSR·MOSKVA
ЭМЭ
ЭСД
ENERGOMACHEXPORT

**UN GRUP ELECTROGEN
MOBIL CU MOTOR
DIESEL ESD**
vă va veni în ajutor
PE O REMORCĂ
cu o singură sau cu două osii

**PUTEREA : 10–20–30–50–75–100–200 kW
TENSIUNEA : 230 sau 400 V
FRECVENȚA : 50 Hz**

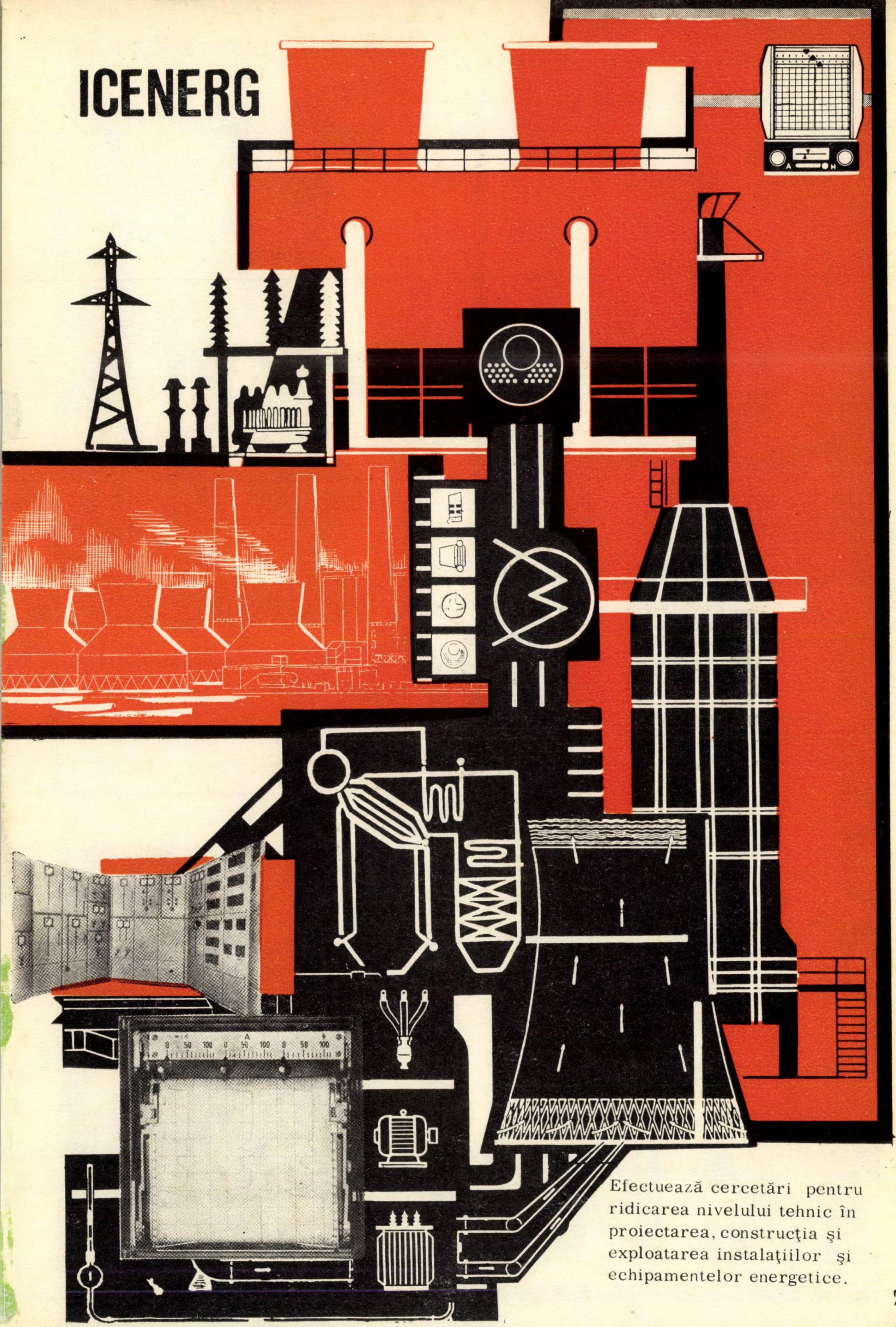
- economie, datorită utilizării motoarelor Diesel cu indice de compresie ridicat
- funcționare sigură în condiții de climă diferite
- întreținere simplă
- livrare completă

Fiecare grup este completat cu un lot de utilaje, accesorii și piese de schimb.

Exportator :
V/O ENERGOMACHEXPORT
Str. Mosfilmovskaia 35
MOSCOVA V – 330, U.R.S.S.
Telex : 255

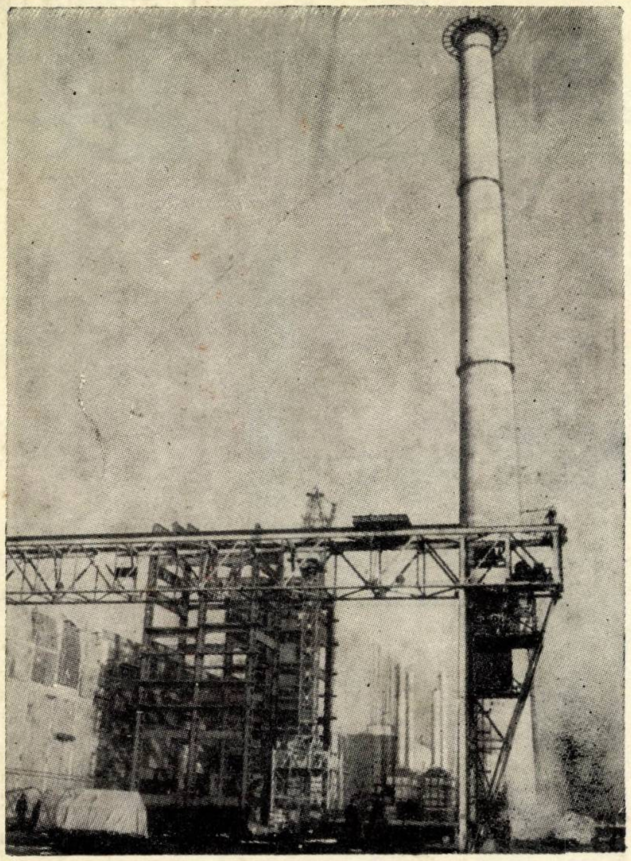
PUBLICOM

ICENERG


A
0 50 100 0 50 100 0 50 100
A H

Efectuează cercetări pentru ridicarea nivelului tehnic în proiectarea, construcţia şi exploatarea instalaţiilor şi echipamentelor energetice.

TRUSTUL DE CONSTRUCȚII ȘI MONTAJE
ENERGETICE
București, Calea Moșilor nr. 158



EXECUTĂ PRIN UNITĂȚILE SALE:

Lucrări de construcții la centrale termoelectrice echipate cu grupuri de 25-315 MW

Montaje de centrale termoelectrice echipate cu grupuri de 25-315 MW și centrale hidroelectrice de 5, 5-170 MW

Rețele de termoficare industrială și urbană

Centrale termice echipate cu cazane de apă fierbinte

Instalații de a. m. c. pentru centrale electrice

Instalații hidromecanice pentru centrale electrice

Construcții hidrotehnice aferente centralelor termoelectrice

Stații electrice de conexiuni interne și externe de 20-400 kV

Confecții metalice aferente centralelor termoelectrice

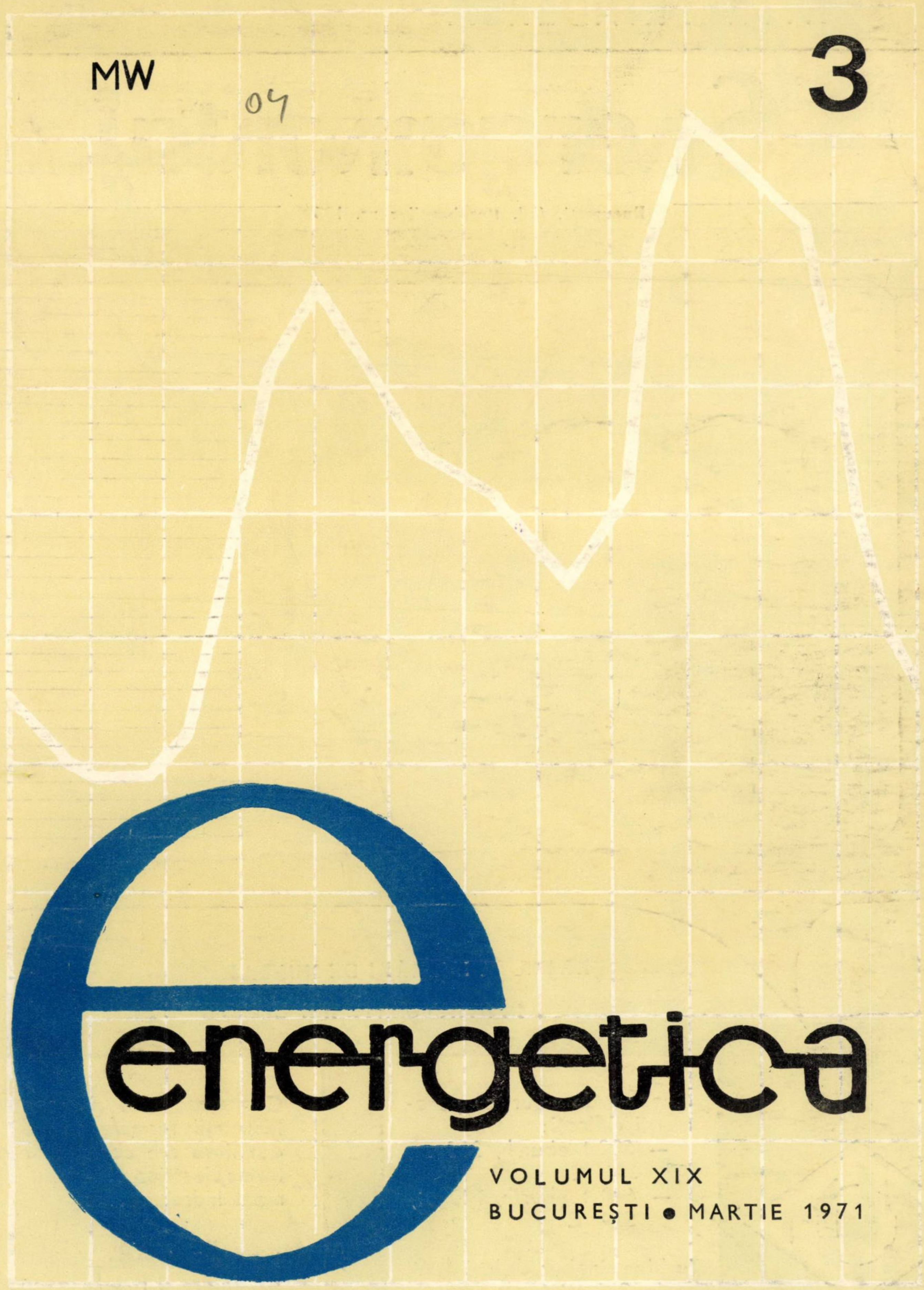
TCME

1971 MAR 1

E 2039

04

3



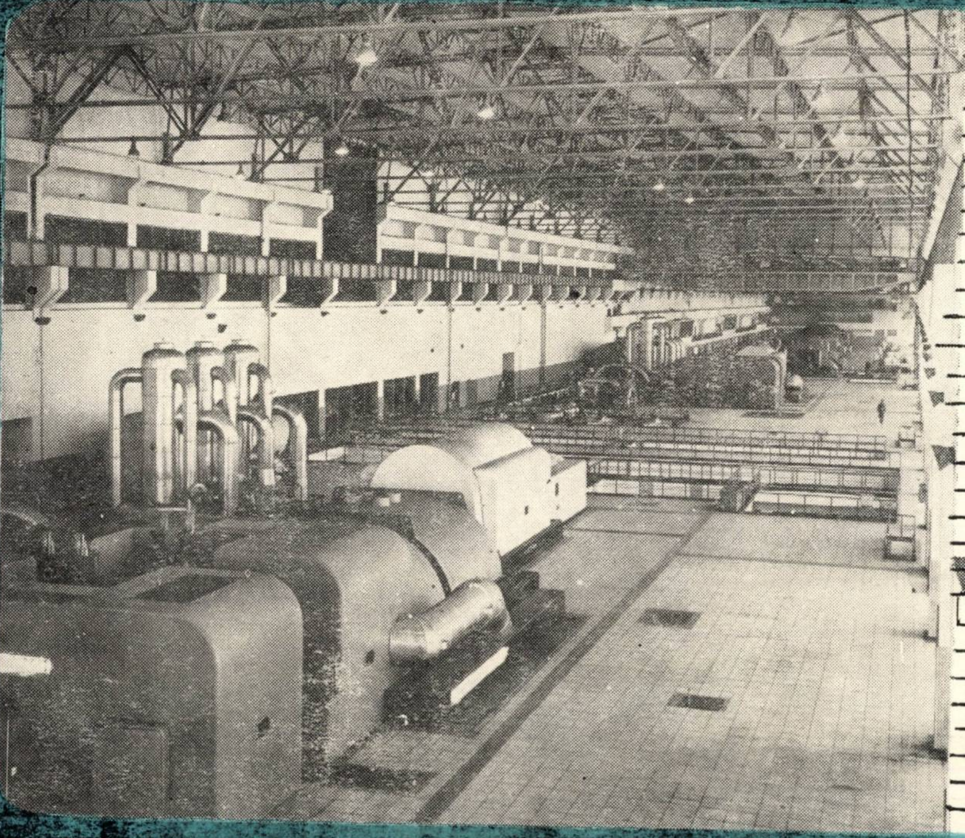
energetica

VOLUMUL XIX
BUCUREȘTI • MARTIE 1971

ÎNTREPRINDEREA

Energomontaj

București, Cal. Dorobanților nr. 105



EXECUTĂ LUCRĂRI DE MONTAJ

PENTRU CENTRALE ELECTRICE

Cazane de abur cu parametrii ridicați:
- 500 t abur/h, 215 at, 514 °C
- 640 t abur/h, 140 at, 570 °C

Turbine cu abur, de la 6 MW la 315 MW
Turbine cu gaze
Turbine hidraulice, de la 5,5 MW la 170 MW

Compensatoare sincrone
Instalații termomecanice auxiliare ale centralelor termoelectrice și echipament hidromecanic

Instalații electrice de joasă, înaltă și foarte înaltă tensiune
Instalații de măsură, control și automatizare

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL
AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

ANUL 19 Nr. 3 Martie

Cuprinsul

		Pag.
Pavel, D.	**Supraechiparea centralelor hidroelectrice, volumele acumulărilor şi aspecte energetice-economice**	**101–106**
Dănilă, N. şi *Chercea, G.*	**Metodă analitică pentru calculul caracteristicilor condensatoarelor turbinelor cu abur**	**106–109**
Nabijovici, A.	**Economicitatea utilizării pompelor de vid şi a ejectoarelor în centralele termoelectrice**	**109–113**
Pleşu, Gh.	**Unele aspecte ale criteriilor de apreciere a vibraţiilor turboagregatelor**	**114–118**
Chercea, G.	**Trecerea la folosirea sistemului internaţional de unităţi de măsură în mecanică şi termotehnică**	**118–121**
Tarnavschi, Ş. şi *Trandafir, M.*	**Analiza perspectivelor de dezvoltare a reţelelor de înaltă şi medie tensiune din oraşul Ploieşti**	**122–128**
Drăgan, G., Cristescu, D. şi *Golovanov, N.*	**Optimizarea repartiţiei tensiunii de-a lungul unui circuit cu capacităţi**	**128–130**
Poeată, A., Cirţină, Gh. şi *Alexandrescu, Gh.*	**Instalaţie statică reglabilă de putere reactivă**	**131–133**
Predan, Fl.	**Evaluarea costului puterii reactive livrate de sistemul electroenergetic într-un nod al său**	**134–138**
Kleps, I.	**Calculul şi urmărirea eficienţei economice la studiile privind organizarea producţiei şi a muncii**	**138–142**

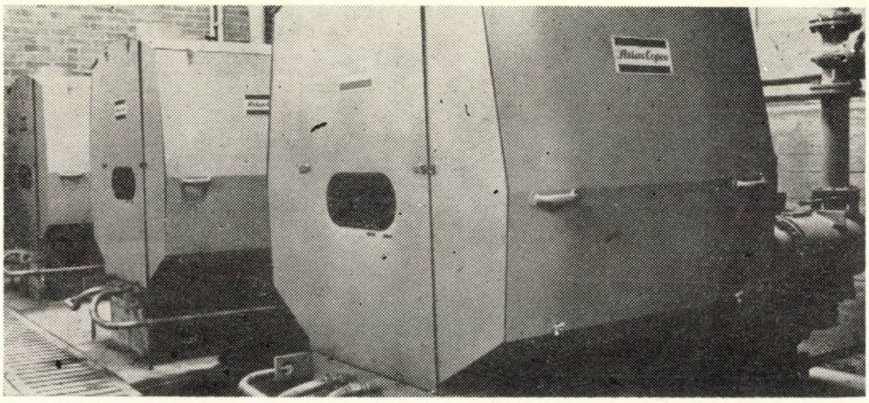
INFORMAŢII

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. ing. I. D. STĂNCESCU, redactor responsabil, ing. G. IORGULESCU, redactor responsabil adjunct, conf. ing. I. A. BADEA, ing. ST. BERENGHI, conf. ing. A. COGĂLNICEANU, dr. ing. P. DIMO, membru corespondent al Academiei Republicii Socialiste România, laureat al Premiului de Stat, ing. H. FURTUNESCU, ing. P. IFTIME, ing. L. LUCA, ing. B. MARCU, dr. ing. A. MĂCRIŞ, conf. ing. C. MIHĂILEANU, prof. dr. ing. V. I. NIŢU, ing A. SPÎNU, ing. R. ZANE

OFICIUL DE DOCUMENTARE ENERGETICĂ

Compresoare elicoidale pentru aer comprimat purificat



Compresoarele de tip ZR produc aer comprimat complet purificat și sînt ideale pentru utilizarea în industria chimică și a produselor farmaceutice. Chiar și acolo unde nu sînt pretenții speciale impuse pentru aerul comprimat purificat, compresoarele de tip ZR constituie o alternativă avantajoasă, din punct de vedere economic, datorită, în principal, simplității instalației și costului scăzut de întreținere.

Aceste instalații se produc în trei variante de dimensiuni, cu debitul cuprins între 15 și 56,6 m^3/min, la o presiune maximă de lucru de 8,8 kg/cm^2. Toate trei variantele sînt de tip uscat, în două etaje, răcirea efectuîndu-se cu apa.

Instalare simplă

Compresoarele se livrează complete și pregătite pentru a intra imediat în funcțiune. Compresorul și motorul de acționare sînt asamblate într-o carcasă prefabricată de oțel, care cuprinde și elemente de cauciuc pentru amortizarea vibrațiilor. Compresorul se montează direct pe un planșeu solid și se racordează la prizele de aer, apă și energie electrică. Nu este necesară o fundație de beton, fapt ce face ca operația de instalare să fie rapidă și puțin costisitoare. În plus, mutarea compresorului dintr-un loc în altul este foarte ușoară.

Nivel scăzut de zgomot; lipsă de vibrații

Compresorul este prevăzut cu o carcasă cu rol de izolant fonic pentru amortizarea zgomotului. Nivelul de zgomot nu depășește 85 dB. Din aceste motive nu este necesar să se prevadă o cameră specială de izolare pentru instalarea compresoarelor; acestea pot fi deci instalate în apropierea echipamentelor pe care le alimentează cu aer comprimat.

Carcasa, care are prevăzută o fereastră pentru citirea instrumentelor de măsură a parametrilor, se poate îndepărta la nevoie fără a se opri funcționarea compresorului.

Acționare separată a etajelor de compresie

Etajele de joasă presiune și de înaltă presiune formează blocuri separate. Acestea sînt cuplate, prin flanșă, la cutia de viteze și acționate de un motor electric.

Etajele compresorului constau fiecare din două rotoare de oțel angrenate în statorul de fontă.

Control automat

Compresorul este prevăzut cu un regulator electro-pneumatic. Acest regulator poate alege fie funcționarea semiautomată, fie complet automată a compresorului, în concordanță cu cerințele impuse pentru livrarea aerului comprimat. Este prevăzută, de asemenea, posibilitatea reglării manuale.

Dispozitivul încorporat de comandă a protecției pornește și oprește compresorul în cazul apariției unui defect.

Cost de exploatare scăzut; întreținere simplă

Compresoarele de tip ZR au un randament superior compresoarelor centrifuge convenționale de debit mediu, aproape egal cu cel al compresoarelor cu piston de dimensiuni echivalente. Ca rezultat, costul enegiei electrice consumate este foarte scăzut. Mai mult, consumul de apă de răcire este scăzut, iar consumul de ulei este practic nul.

Compresoarele de tip ZR se bazează pe sistemul componentelor-modul. În consecință, toate părțile importante pot fi înlocuite într-un timp minim. Etajele de joasă presiune și de înaltă presiune, pompa pentru circularea apei de răcire și pompa de ulei pot fi obținute sub formă de ansamble interșanjabile, recondiționate, de la firma Atlas Copco.

Principalele caracteristici tehnice

Tipul	Tipul cutiei de viteze	Viteza de rotație a motorului de acționare, f = 50 Hz	Debitul de aer la presiunea de 7 kg/cm^2, m^3/min	Puterea de acționare la presiunea de 7 kg/cm^2, CP	Greutate netă, kg
ZR3	A	2950	18,1	149	2000
	B	2950	15	123	1900
ZR4	A	1470	35	271	3200
	B	1470	28,7	222	3200
	C	1470	22,8	178	3000
ZR5	A	1470	56,5	421	4900
	B	1470	45,8	336	4750

Gama echipamentului industrial Atlas Copco cuprinde: compresoare, unelte pneumatice, echipament de vopsire prin șprițuire cu aer comprimat, accesorii.

Atlas Copco

Vînzări și "service" în peste 100 de țări.

Folosiți cuponul alăturat pentru a cere informații tehnice

PUBLICOM

Atlas Copco AB, S-105-23 Stockholm, Suedia

Vă rog să-mi trimiteți mai multe informații privind compresoarele dv. ZR. Doresc aceste informații în limba ☐ engleză, ☐ germană, ☐ franceză.

Numele ____________________
Funcția ____________________
Întreprinderea ____________________
Adresa ____________________

19/70

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.311.21

Павел, Д.: **Прирост мощности гидроэлектростанций, обьёмы водохранилищ и энергетическоэкономические вопросы**

Автор рассматривает ряд вопросов в связи с приростом мощности гидроэлектростанций, часами использования в зависимости от напора, от двойной единичной мощности и от энергетической мощности водохранилищ.

Energetica 19 (1971), № 3, стр. 101–106

ДК 621.175.845.001.2

Дэнилэ, И. и *Керча, Г.:* **Аналитический метод расчета характеристик конденсаторов паровых турбин**

На основании спекулятивных математических расчётов приводится относительно простая форма определения характеристик паровых конденсаторов.

Energetica 19 (1971), № 3, стр. 106–109

DK 621.176.5 : 621.311.22

Набижович, А.: **Экономичность использования вакуумных насосов и эжекторов на теплоэлектростанциях**

Energetica 19 (1971), № 3, стр. 109–113

Д К 534.1:621.213.322–81

Плешу, Г.: **Некоторые вопросы критерий для оценки вибраций турбоалрелатов**

Energetica 19 (1971), № 3, стр. 114–118

ДК 531.7:536.5.081:536.6.081

Керча, Г.: **Переход на применение международной системы единиц измерения в механике и теплотехнике. Возможности и последствия**

Energetica 19 (1971), № 3, стр. 118–121

ДК 621.315.1.027.5/.8

Тарнавски, Ш. и *Трандафир, М.:* **Рассмотрение перспектив развития сетей высокого и среднего напряжения города Плоешти**

Energetica 19 (1971), № 3, стр. 122–128

ДК 621. 3.015.13

Дрэган, Г., Кристеску, Д. и *Голованов, Н.:* **Оптимизация распределения напряжения вдоль ёмкостной цепи**

Путём искусных расчётов, авторы приводят способ улучшения распределения напряжения вдоль гирлянды изоляторов в 110—400 кв. Предлагается улучшение защитной арматуры таким образом, чтобы отношение между ёмкостями защитной арматуры и изоляторов находилось в определенной связи с отношением ёмкостей между изоляторами.

Energetica 19 (1971), № 3, стр. 128–130

ДК 621 3.054.42

Поеатэ, А., Кырцинэ, Г. и *Александреску, Г.:* **Регулируемая статическая установка для реактивной мощности.**

Описывается статический реактивный источник, с непрерывным регулированием, который может быть использован для регулирования реактивной нагрузки; были получены некоторые результаты на основании модели. В заключении был произведен расчёт для обоснования экономичности этой установки.

Energetica 19 (1971), № 3, стр. 131–133

ДК 658.8.031 : 621.3.016.25

Предан, Фл.: **Оценка стоимости реактивной мощности, выданной электроэнергетической системой в одном из узлов этой системы**

Energetica 19 (1971), № 3, стр. 134–138

ДК 65.011.44:658.5:658.3

Клепш, И.: **Расяет и наблюдение за економической эффективностю исследований касающихся организации производства и работы**

Energetica 19 (1971), № 3, стр. 138–142.

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.311.21

Pavel, D.: **Erhöhung der Ausbauleistung, Staumengen und wirtschaftliche Zusammenhänge**

Der Verfasser untersucht im Verbindung mit der Planung von Wasserkraftwerken stehende Fragen und zwar Zusammenhänge zwischen Erhöhung der Ausbauleistung, Anzah der Betriebsstunden in Abhängigkeit von dem Gefälle sowie Leistung und Leistungsvermögen von Stauanlagen.

Energetica 19 (1971), H. 3, S. 101–106

DK 621.175.845.001.2

Dănilă, N. und *Chercea, G.:* **Analytisches Verfahren zur Ermittlung der technischen Merkmale von Dampfkondensatoren**

Auf Grund mathematischer Gedankengänge wird eine verhältnissmässig einfache Formel für Bestimmung der technischen Leistungen von Dampfkondensatoren für Dampfkraftwerke erörtert.

Energetica 19 (1971), H. 3, S. 106–109

DK 621.176.5 : 621.311.22

Nabijovici, A.: **Wirtschaftlichkeit von Vakuumpumpen und Dampfstrahlgeräten in Dampfkraftwerken**

Energetica 19 (1971), H. 3, S. 109–113

DK 534.1:621.213.322–81

Pleşu, Gh.: **Einige Betrachtungen über Bewertungsmerkmale für Schwingungen von Turbinensätqen.**

Energetica 19 (1971), H. 3, S. 114–118

DK 531.7:536.5.081:536.6.081

Chercea, G.: **Einführung des internationalen Messeinheiten System auf dem Gebiet der Mechanik und Wärmetechnik. Möglichkeiten und Folgerungen**

Energetica 19 (1971), H. 3, S. 118–121

DK 621.315.1.027.5/.8

Tarnavschi, Ş. und *Trandafir, M.:* **Untersuchung der Entwicklungsaussichten der Hoch- und Mittelspannungsnetze in der Stadt Ploieşti**

Energetica 19 (1971), H. 3, S. 122–128

DK 621.3.015.13

Drăgan, G., Cristescu, D. und *Golovanov, N.:* **Bestauslegung des Spannungsverlaufs innerhalb kapazitiver Kreise**

Die Verfasser ermitteln an Hand subtiler Rechnungsgänge, wie eine verbesserter Spannungsverteilung innerhalb einer 110 – 400 kV-Isolatorenkette ereicht werden könnte. Es wird vorgeschlagen die Schutzarmaturen derart zu ändern, dass das Verhältnis der Kapazitäten von Schutzarmaturen und Isolatoren einen bestimmten Wert gegenüber dem Verhältnis der Kapazitäten der Isolatoren untereinander einnimmt.

Energetica 19 (1971) H. 3, S. 128–130

DK 621.3.054.42

Poeată, A., Cîrţină, Gh. und *Alexandrescu, Gh.:* **Statische Anlage für Steuerung der Scheinleistung**

Es wird eine für Steuerung der Scheinleistung bei ständigem Betrieb gebrauchbare statische Anlagebeschrieben, mit Hinweis auf die mit einer Versuchsanlage erzielten Ergebnisse. Es wird die Wirtschaftlichkeit der Anlage nachgewiesen.

Energetica 19 (1971), H 3, S. 131–133

DK 658.8.031 : 621.3.016.25

Predan, Fl.: **Einschätzung der in einem Knotenpunkt eines Verbundnetzes gelieferten Scheinleistung**

Energetica 19 (1971), H.3 S. 134–138

DK 65.011.44:658.5:658.3

Kleps I,: **Berechnung und Überpüfung der Wirtschaftlichkeit in Studien über Organisierung von Produktions- und Arbeitsvorgängen**

Energetica 19 (1971), H. 3, S. 138–142

SOMMAIRE

CD 621.311.21

Pavel, D. : **Le suréquipement des centrales hydro-électriques, les volumes des accumulations et les aspects énergétiques et économiques**

L'auteur s'occupe du dévelopement et du suréquipement des centrales hydroélectriques, des heures d'utilisation en fonction des chutes, de la puissance double unitaire et de la capacité énergétique des retenues.

Energetica 19 (1971), no. 3, p. 101–106

CD 621.175.845.001.2

Dănilă, N. et *Chercea, G.* : **Méthode analytique pour le calcul des caractéristiques des condensateurs des turbines à vapeur**

Une spéculation mathématique sert comme base à une méthode relativement simple pour établir les caractéristiques des condensateurs des turbines à vapeur.

Energetica 19 (1971), no. 3, p. 106–109

CD 621.176.5:621.311.22

Nabijovici, A. : **L'économicité de l'utilisation des pompes de vide et des éjecteurs dans les centrales thermiques**

Energetica 19 (1971), no. 3, p. 109–113

CD 534.1: 621.313.322–81

Pleşu, Gh. : **Quelques aspects des critérium d'estimation des vibrations des turbines**

Energetica 19 (1971), no. 3, p. 114–118

CD 531.7 :536.5.081 :536.6.081

Chercea, G. **L'adoption du système international d'unités de mesure dans la mécanique et la thermotechnique. Possibilités et conséquences**

Energetica 19 (1971), nr. 3, p. 118–121

CD 621.315.1.027.5/.8

Tarnavschi, Ş. et *Trandafir, M.* : **L'analyse des perspectives de développement des réseaux de haute et moyenne tension dans la ville de Ploieşti**

Energetica 19 (1971), nr. 3, p. 122–128

CD 621.3.015.13

Drăgan, G., *Cristescu, D.* et *Golovanov, N.* : **L'optimisation de la distribution de la tension le long d'un circuit avec capacités**

En se basant sur quelques calculs, les auteurs indiquent la manière dont on peut améliorer la distribution de la tension le long d'une chaine d'isolateurs sous 110–400 kV. Il propose une amélioration des ferrures de protection afin que le rapport des capacités entre la ferrure de protection et celle des isolateurs soit dans un rapport donné en comparasion avec celle entre les isolateurs.

Energetica 19 (1971), no. 3, p. 128–130

CD 621.3.054.42

Poeată, A., *Cîrţină, Gh.* et *Alexandrescu, Gh.* : **Installation statique réglable de puissance réactive**

Les auteurs présentent une source statique réactive, avec réglage continu, qui peut être employée pour la régulation de la charge réactive ; un modèle a donné déjà quelques résultats. Un calcul démontre la justification économique de cette installation.

Energetica 19 (1971), no. 3, p. 131–133

CD 658.8.031 : 621.3.016.25

Predan, Fl. : **L'évaluation du coût de la puissance réactive livrée par le réseau électro-énergétique dans l'un de ses noeuds**

Energetica 19 (1971), no. 3, p. 134–138

CD 65.011.44: 658.5: 658.3

Klepş, I. : **Calculation et contôle de l'efficacité économique dans les études sur l'organisation de la production et du ravail**

Energetica 19 (1971), no. 3, p. 138–142

CONTENTS

DC 621.311.21

Pavel, D. : **Raising of the installed hydroelectric power, the volume of storage and economic energetic aspects**

The author deals with some aspects of the development and super-equipment of hydroelectric power stations, the hours of utilization according to the head, the double power per unit and the energetic capacity of storages.

Energetica 19 (1971), nr. 3, p. 101–106

DC 621.175.845.001.2

Dănilă, N. and *Chercea, G.* : **An analytical method for the calculation of the characteristics of steam turbine condensers**

Based on some mathematical speculations, the authors present a relatively simple form for establishing the characteristics of steam turbine condensers.

Energetica 19 (1971), nr. 3, p. 106–109

DC 621.176.5 : 621.311.22

Nabijovici, A. : **The economicity of the utilising of vacuum pumps and of ejectors in thermal power stations**

Energetica 19 (1971), nr. 3, p. 109–113

DC 534.1: 621.313.322–81

Pleşu, Gh. : **Some aspects of the estimation criteria of turbine set vibrations**

Energetica 19 (1971), nr. 3, p. 114–118

DC 531.7 : 536.5.081: 536.6.081

Chercea, G. : **The adoption of the international system of measure units in mechanics and thermotechnics. Possibilities and consequences**

Energetica 19 (1971), nr. 3, p. 118–121

DC 621. 315.1.027.5/.8

Tarnavschi, Ş and *Trandafir, M.* : **The analysis of the prospects for the development of high and medium voltage networks in the city of Ploieşti**

Energetica 19 (1971), nr. 3, p. 122–128

DC 621.3.015.13

Drăgan, G., *Cristescu, D.* and *Golovanov, N.* : **The optimizing of voltage distribution along a circuit**

Based upon some calculations, the authors show how voltage distribution can be improved along a 110–400 kV insulator chain. The improving of protection armatures is proposed so that the relation of capacities between the protection armature and that of the insulators should be under a certain relation as compared to that between insulators.

Energetica 19 (1971), nr. 3, p. 128–130

DC 621.3.054.42

Poeată, A., *Cîrţină, Gh.* and *Alexandrescu, Gh.* : **An adjustable steady-state installation of reactive power**

Here is presented a steady-state reactive source, with continuous adjustment, that can be used for the control of the reactive load ; some results were already obtained with a model. A calculation follows to establish the economic justification of this installation.

Energetica 19 (1971), nr. 3, p. 131–133

DC 658.8.031 : 621.3.016.25

Predan, Fl. : **The estimation of the cost of reactive power delivered from the power system into one of its nodes**

Energetica 19 (1971), nr. 3, p. 134–138

DC 65.011,44: 658.5: 658.3

Klepş, I.: **Calculation and survey of the economicity in studies about production and labour organizing**

Energetica 19 (1971), nr 3, p. 138–142

Supraechiparea centralelor hidroelectrice, volumele acumulărilor şi aspecte energetice-economice

Dr. docent ing. **Dorin Pavel**[*]

Începute cu un veac în urmă, amenajările hidroelectrice au evoluat, de la primele microcentrale cu puteri sub 100 kW, la centrale gigantice, ca cele de la Krasnoiarsk (5000 MW), Bratsk (4000 MW), iar în prezent sînt în fază de proiectare centrale cu puteri peste 10 000 MW. De asemenea, căderile au crescut pînă la 2000 m pe centrală, folosind turbine Pelton. Pe de altă parte, centralele fluviale, deşi cu căderi de apă mici, au debite de multe mii m^3/s, ca, de exemplu, cea de la Porţile de Fier, care are un debit de 8600 m^3/s la căderea maximă de 34 m. Faţă de primele microturbine Fourneyron, Girard sau Jonval, cele contemporane au puteri foarte mari :

— Francis, la Krasnoiarsk (500 MW/turbină) şi la Bratsk (216 MW/turbină) ;

— Pelton, la Mont-Cenis (204 MW/turbină) şi la Lotru (167 MW/turbină) ;

— Kaplan, la Porţile de Fier (178 MW/turbină), John Day (135 MW/turbină) şi la Kuibîşev (125 MW/turbină) etc.

Căderile foarte mici, de la 3 la maximum 20 m, sînt prelucrate în prezent în centrale cu turbine tubulare bulb, avînd puteri unitare limitate la 45 MW, datorită diametrului mare şi căderii mici ; în schimb, randamentele sînt mai mari şi investiţia cu 15—25% mai redusă decît la centralele echipate cu turbine Kaplan pentru aceeaşi cădere.

În domeniul transformatoarelor hidroenergetice [2] cu acumulare prin pompare s-au realizat peste 30 000 MW, dintre care Cornwall are 2000 MW, Vianden 960 MW, Wehr 700MW şi altele. Multe centrale au fost echipate recent cu turbine-pompe reversibile, care au atins 290 MW pe agregat şi prezintă economii de investiţii faţă de agregatele cu turbină-pompă-generator (reversibil ca motor).

Barajele au evoluat, de asemenea, acumulînd în lacuri apă utilă nu numai instalaţiilor energetice, ci şi hidroamelioraţiilor, alimentărilor cu apă, transporturilor navale etc. În 1920, înălţimea maximă a barajelor era de 90 m, în 1925 de 110 m (Wäggital), în 1930 de 220 m (Boulder), în 1960 de 284 m (Grand Dixence), iar recent barajul Nurek a atins 300 m. La noi, barajul Vidraru-Argeş are 166 m.

Cu privire la schemele amenajărilor se constată urmărirea folosinţelor complexe şi o concentrare a afluenţilor şi rîurilor învecinate spre cascade principale, realizînd lacuri mari şi puteri mai mari decît ale schemelor separate pentru fiecare curs de apă. Această concentrare se realizează prin galerii principale şi secundare cu lungimi totale foarte mari, ca cele de la Lotru cu 150 km, Argeş cu 50 km. Schemele nu mai sînt pur hidroenergetice, ci complexe, asigurînd alimentările cu apă, hidroamelioraţiile etc., cum dovedesc şi la noi amenajările Bîrzavei, Bistriţei, Argeşului, Lotrului, precum şi altele aflate în curs de pregătire a execuţiei.

Supraechiparea centralelor hidroelectrice

Puterea instalată în centralele hidroelectrice, $P_i = 9{,}81\,Q_i H_i \eta_i$ (kW), respectiv debitul instalat Q_i, se stabilesc prin calcule de optimizare energetică-economică, pe lîngă care se iau în consideraţie şi cerinţele sistemului electroenergetic (acoperirea graficului de consum, amplasarea centralelor hidroelectrice, pe de o parte, la vîrful sau semivîrful graficului, iar pe de altă parte la baza graficului, rezervele la rece şi la cald, necesitatea unor intervenţii rapide, sub 2 minute, acoperirea benzii de variaţie a frecvenţei electrice şi alte condiţii energetice).

Se defineşte coeficientul de instalare k_i, numit şi de supraechipare, în variantele :

$$k_i = \frac{Q_i}{Q_m}, \text{ cu debitul mediu multianual}$$

$$Q_m = \frac{1}{T}\int_0^T Q\,\mathrm{d}t \ \ [\mathrm{m^3/s}];$$

$$k_i = \frac{P_i}{P_m}, \text{ cu puterea } P = \frac{E}{8\,760} \ \ [\mathrm{kW}];$$

sau, în subvariantă, cu :

$$P_m = \frac{9{,}81}{8\,760}\int_0^T QH\eta\,\mathrm{d}t, \text{ cu producţia } E \ [\mathrm{kWh/an}]$$

medie multianuală.

În cele ce urmează se consideră $k_i = P_i/P_m$.

Coeficientul de instalare depinde de condiţiile specifice fiecărei ţări : mărimea şi gradul de utilizare a resurselor hidroelectrice, numărul şi structura centralelor hidroelectrice etc.

Deoarece aceşti factori diferă de la o ţară la alta, iar în aceeaşi ţară aceştia se schimbă cu timpul, se impun aici unele constatări. Pe baza datelor tabelare [5] s-a elaborat figura 1 cu k_i medii ai numeroaselor centrale din 13 ţări, enumerate pe figură. S-au ales centrale cu caracter de vîrf şi semivîrf. Corelaţia $k_i = f(\alpha)$ nu este strînsă, cum era de aşteptat, aşa încît se arată numai calitativ fenomenul creşterii supraechipării o dată cu α, deci cu mărimea acumulării. A rezultat relaţia :

$$k_i = f(\alpha) = 2{,}142\alpha + 2\,; \quad \alpha = E_a/E,$$

---

[*] Dr. docent ing. Dorin Pavel este profesor emerit.

E_a fiind capacitatea energetică a apei acumulate în lacuri şi $E = \int_0^T P\,dt = T_u P_i$ energia anuală produsă (mai exact productibilitatea anuală a centralelor). În figura 1 se mai reprezintă

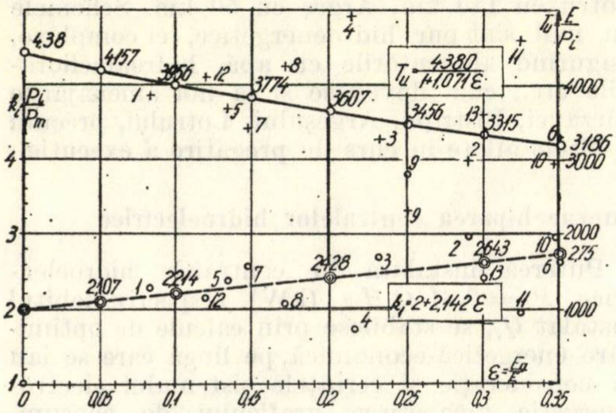


Fig. 1. Coeficientul de instalare k_i şi durata de utilizare T_u, funcţii de ε, capacitatea energetică a lacurilor E_a, raportată la productibilitatea E

1 – Austria; 2 – Cehoslovacia; 3 – Elveţia; 4 – Finlanda; 5 – Franţa; 6 – Italia; 7 – Iugoslavia; 8 – R.F. a Germaniei; 9 – R.S. România; 10 – Spania; 11 – Suedia; 12 – S.U.A.; 13 – U.R.S.S.

durata de utilizare a puterii instalate, $T_u = \frac{E}{P_i} = F(\alpha)$, cum se va analiza în capitolul următor.

Cercetînd parametrii a 48 de centrale hidroelectrice cu căderi joase, în figura 2 se prezintă,

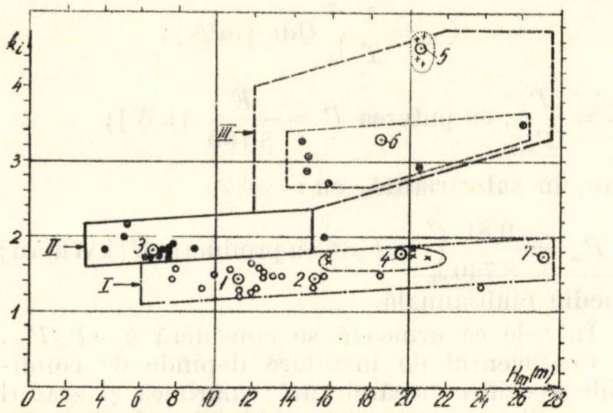


Fig. 2. Coeficienţii de instalare deduşi din datele pentru 48 de centrale de căderi joase

1 – Rinul; 2 – Ronul; 3 – Mosela (turbină bulb); 4 – Bistriţa fără lacuri; 5 – Argeş aval cu lacuri; 6 – Bistriţa aval cu lacuri; 7 – Porţile de Fier.

utilizînd unele date din lucrările [1], [2], [3], coeficienţii de instalare în funcţie de căderi, $k_i = f(H)$. Încadrînd k_i ai centralelor din aceleaşi categorii prin poligoanele desenate în figura 2, se constată următoarele:

— cascadele cu 20 de centrale de pe Rin şi Ron, fără acumulări importante, sau pe firul apei, ca şi centralele Roznov I + II, Zăneşti, Costişa şi Buhuşi, fără acumulări, încadrate în zona I, au coeficienţii colţurilor poligonului: la $H = 6$ m, $k_i = 1{,}1$ (minim) şi $k_i = 1{,}65$ (maxim), iar la $H = 28$ m, $k_i = 1{,}45$ (minim) şi $k_i = 2{,}05$ (maxim). Faţă de centralele de pe Rin şi Ron, cele de pe Bistriţa, dispunînd de debite regularizate în lacul centralei „V. I. Lenin" — Bicaz, au fost dimensionate cu coeficienţi k_i cu 25% mai mari. Pe Rin, $k_{i\,med} = 1{,}425$, pe Ron 1,432, iar pe Bistriţa 1,78.

În zona a II-a s-au reprezentat cele 12 centrale de pe Mosela, de tipul bulb, pentru căderi sub 10 m, cu media 1,8. Aceasta se datoreşte şi faptului că turbinele bulb au o capacitate de înghiţire $Q'_1 = \frac{Q}{\sqrt{H}D^2}$, cu circa 30% mai mare

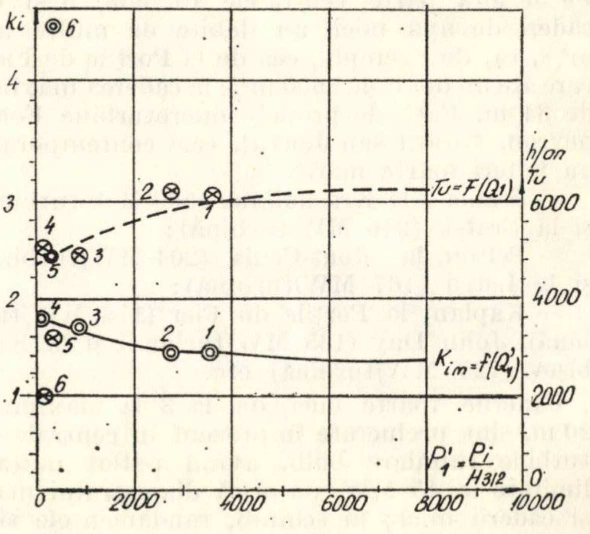


Fig. 3. Coeficienţii k_i şi T_u medii pentru şase cascade de căderi joase:

Nr. crt.	Centrala	P_{im}, MW	H_m	$P_i/H^{3/2}$	T_u	k_{im}
1	Ronul (5 centrale)	213	15,24	3580	6130	1,429
2	Rinul (15 centrale)	104	11,26	2760	6126	1,409
3	Mosela (12 centrale)	14,3	6,73	817	4891	1,791
4	Bistriţa derivaţie (5 centrale)	13,2	19,00	160	4954	1,768
5	Bistriţa acumulare (7 centrale)	21,7	17,37	300	3122	2,806
6	Argeş aval (4 centrale)	15,0	20,50	162	1396	4,524

decît turbinele Kaplan. Căderile joase, cu acumulări, ca cele şapte centrale de pe Bistriţa aval, au $k_{im} = 3{,}04$, iar patru centrale de pe Argeş aval (Oeşti — Valea Iaşului) au $k_{im} = 3{,}52$, mult mai mare datorită rolului de centrale de vîrf pe care îl au în sistemul electroenergetic. Utilizînd datele de bază pentru 49 centrale cu căderi joase, s-au calculat şi reprezentat k_{im}, pentru cele şase cascade, în figura 3, prin punctele *1*...*2*...*3*...*6*. După cum rezultă din curba $k_{im} = f(P_i/H^{3/2})$ şi din tabelul de pe figură, numai cascadele Ronului (*1*), Rinului (*2*), Moselei (*3*) şi Bistriţei fără acumulări (*4*) dau o funcţie variind între

$k_{im} = 1{,}4$ şi 1,68. Cascada (*5*) Bistriţa şi (*6*) Argeş aval au coeficienţii 2,806 şi 4,524, mult mai mari datorită funcţiilor de centrale de vîrf. S-a ales aici variabila $P'_1 = P_i/H^{3/2}D^2$ – puterea dublu unitară, ca fiind un parametru caracteristic al centralelor. Nu se tratează k_i al centralelor cu căderi şi acumulări mari, care sînt destinate prin definiţie vîrfului de sarcină şi deci au coeficienţi mult mai mari.

Durata de utilizare a puterii instalate

Este ştiut că producţia anuală de energie, E, defineşte durata de utilizare a puterii instalate $P_i = k_i P_m$, şi anume:

$$E = \int_0^T P\,\mathrm{d}t = T_u P_i \text{ [kWh/an]};$$

$$T_u = \frac{E}{P_i} = \frac{E}{k_i P_m} = \frac{8760\,P_m}{k_i P_m} = \frac{8\,760}{k_i} \text{ [h/an]}.$$

Cum k_i depinde, la rîndul lui, de gradul acumulării, α (fig. 1), de H, de P'_1 şi de raportul V_u/V, respectiv de condiţiile exploatărilor hidroelectrice în cadrul sistemului electroenergetic, rezultă că şi $T_u = f(k_i) = F(\alpha) = \varphi(H) = \psi(P'_1) = \chi\,(V_u/V)$.

În figura 1, pe lîngă k_i s-au reprezentat şi $T_u = \dfrac{4\,830}{1{,}071\,\varepsilon + 1}$ şi la fel k_i pentru cascadele Rin, Ron, Mosela, Bistriţa şi Argeş. Pe baza lui $k_i = f(H)$ din figura 1 s-a recalculat $T_u = \varphi(H)$ pentru cele trei zone – I, II, III – ale centralelor de căderi joase. Poligoanele zonelor arată limitele lui T_u şi k_i pentru aceste zone, cum se prezintă în figura 4.

Faţă de centralele construite la noi înainte de primul plan decenal de electrificare, cu durate T_u între 3000 şi 5000 h/an, caracteristice centralelor de bază şi de semivîrf, cele construite ulterior au realizat duratele: Crăinicel 3200; Sadu V 2500; „V.I. Lenin" 2300; „Gh. Gheorghiu-Dej" (Cetăţuia) Argeş 1800; Lotru 1800; cele începute pe Someş şi Sebeş 1750 h/an. Aşadar, majoritatea sînt centrale de vîrf.

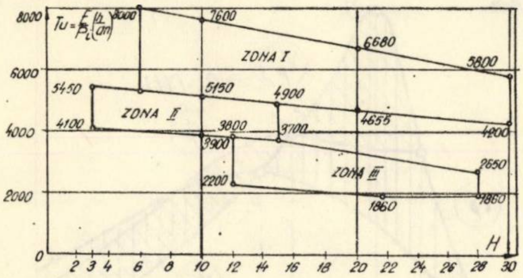


Fig. 4. Durate de utilizare în trei zone:
I – centrale de căderi joase; *II* – idem, bulb; *III* – centrale cu lacuri.

Cele şapte centrale cu lacuri de pe Bistriţa aval au media de 3122 h/an, iar patru centrale de pe Argeş aval au aproape 2000 h/an, deci sînt centrale de vîrf şi semivîrf. În proiectul de amenajare a Oltului, cascada cu 20 de centrale pe porţiunea de la defileu la Dunăre şi cele 11 centrale pe Oltul mijlociu au un T_u mai mare; toate acestea sînt centralede semivîrf.

Centralele fluviale sînt reprezentate de Porţile de Fier cu $T_u = 5000$ h/an, ca centrală de bază şi, în unele sezoane, de semivîrf. Alte centrale fluviale ce se proiectează pe Dunărea inferioară, la Gruia, Islaz, vor avea T_u apropiat de cel de la Porţile de Fier, iar Mureşul, Someşul inferior şi alte rîuri mari de şes vor fi amenajate în majoritate similar cu centralele fluviale.

Unele probleme ale acumulărilor

Volumele parţiale care compun volumul total, V, al lacurilor create prin baraje se împart astfel:

– V_u, volume utilizate în scopuri hidroenergetice, pentru alimentare cu apă, irigaţii, navigaţie şi alte folosinţe conexe;

– V_p, volume numite de protecţie, care atenuează vîrful viiturilor în caz de inundaţie;

– V_r, un volum sub nivelul minim normal de exploatare, care constituie rezerva de fier pentru eventuale secete normale, sau la creşteri neprevăzute ale consumurilor de apă;

– V_m, numit volum mort, de la nivelul prizelor de apă în jos pînă la talveg, folosind la decantarea aluviunilor.

Pentru fiecare lac în parte, ca şi pentru ansamblul lacurilor dintr-un bazin hidrografic, stabilirea volumelor ($V = V_u + V_p + V_r + V_m$) se face prin calcule de optimizare complexă. În practică, aceasta se face prin proiectarea mai multor variante, comparate tehnic şi economic, ceea ce este foarte laborios şi costisitor. Optimizarea pe cale analitică a mai multor lacuri cu folosinţe complexe nu este încă realizată; pentru cazul unui lac sau două, o teză elaborată de A. Simon rezolvă calculul cu ajutorul maşinii electronice.

Pentru a evidenţia cel puţin calitativ fenomenele, se analizează aici raportul volumului util faţă de cel total, V_u/V, aşa cum permite materialul statistic din [1], [2], [3], [4] şi bibliografiile acestor lucrări. În figura 5 se prezintă, în funcţie de căderea H, raportul V_u/V în procente, pentru 16 centrale cu acumulare de tip fluvial din R.S.R., U.R.S.S., S.U.A., care, deşi nu au corelaţia strînsă, au permis a se stabili corelaţia medie şi extremele:

$$\text{medie}: \quad V_u/V = f_1(H) = 97{,}4 - 20\sqrt{H} + 0{,}78\,H\,[\%];$$

$$\text{maximă}: \quad V_u/V = f_2(H) = 136{,}4 - 28\sqrt{H} + 1{,}09\,H\,[\%];$$

$$\text{minimă}: \quad V_u/V = f_3(H) = 62{,}3 - 12{,}8\sqrt{H} + 0{,}50H[\%].$$

Dispersia punctelor fiind mare, diagrama are numai valoare calitativă, și fenomenul se explică prin faptul că lacurile au fost proiectate în țări diferite, nu după o metodică unică. Similar s-au trasat curbele analoge pentru

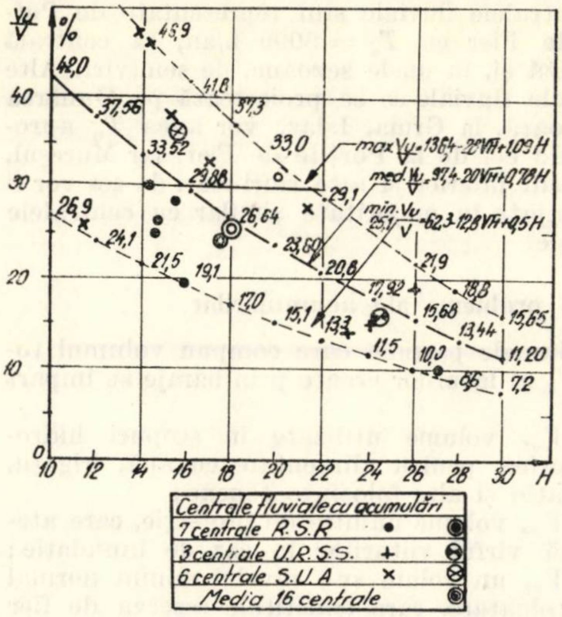


Fig. 5. Raportul $V_u/V = f(H)$ pentru centrale fluviale.

centrale cu căderi mijlocii și mari, cu acumulare, reprezentate în figura 6, din care au rezultat relațiile:

$$\text{medie}: V_u/V = 104{,}6 - 4{,}56\sqrt{H} + 0{,}0924\ H\ [\%];$$

$$\text{maximă}: V_u/V = 125{,}5 - 5{,}46\sqrt{H} + 0{,}110\ H\ [\%];$$

$$\text{minimă}: V_u/V = 82{,}6 - 3{,}60\sqrt{H} + 0{,}073\ H\ [\%].$$

Proiectarea contemporană în hidrotehnică urmărește satisfacerea tuturor folosințelor; de aceea dimensionarea volumelor lacurilor făcută pînă în prezent numai pentru V_u al hidroelectrificării nu mai poate fi menținută. Luarea în considerare a lui V_p, împotriva inundațiilor, are efecte importante în atenuarea viiturilor, cum au fost cele din primăvara anului 1970 și la care s-a simțit din plin efectul favorabil al acumulărilor de pe Bistrița, Bîrzava, Cerna, Argeș și alte rîuri.

Atenuarea viiturilor se face după multe metode cunoscute, însă ceea ce nu s-a realizat este optimizarea gradului de atenuare $a = Q_a/Q_{0,1\%}$, cu notațiile din figura 7. În această figură se schițează două metode:

1. Fiind dat hidrograful viiturii, $Q_v = f(t)$, de curba $\widehat{ABC}$, la $t = 0$, cu debitul inițial Q_0, se presupune lacul plin pînă la creasta deversorului. Astfel începe deversarea cu debitul evacuat, urmărind curba $\widehat{ADE}$; debitul maxim atenuat este $Q_a < _{0,1\%}$, fiind necesar un volum V_p corespunzînd suprafeței hașurate vertical.

2. Se presupune că de la începutul viiturii se deschid golirile de fund, în ritmul creșterii

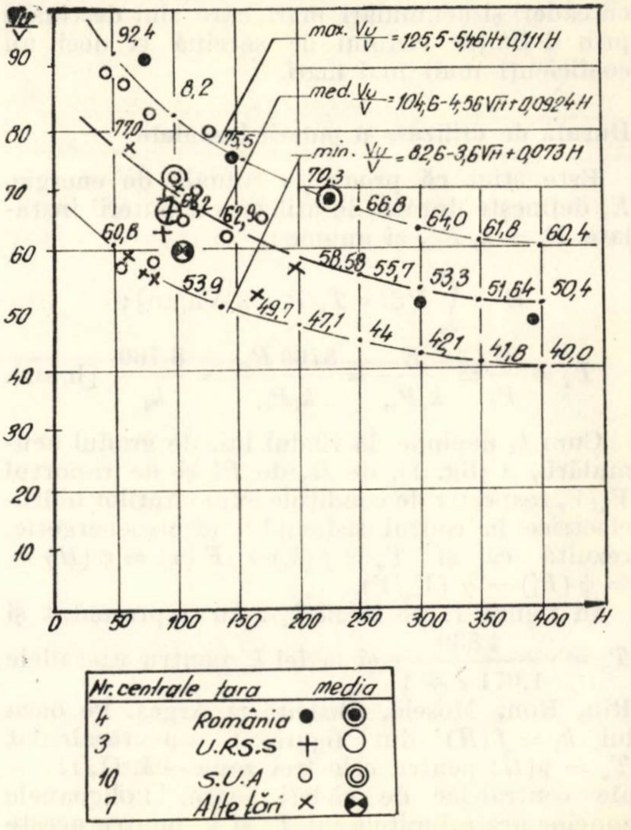


Fig. 6. Raportul V_u/V funcție de căderea H la centrale cu căderi mari și cu acumulări.

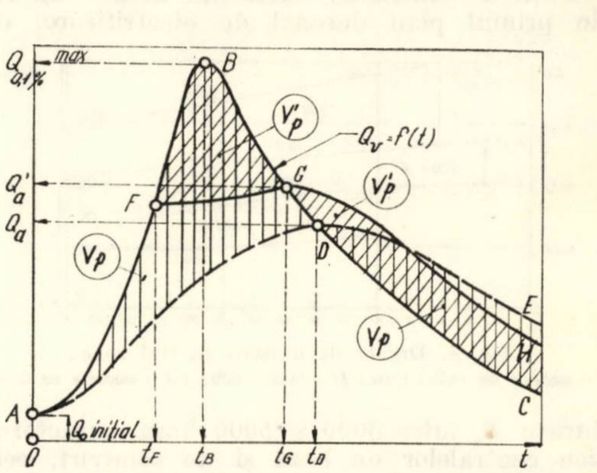


Fig. 7. Două dintre numeroasele moduri de atenuare a viiturilor.

debitelor, după curba $\widehat{AF}$, iar la timpul t_F se închid golirile și începe deversarea. Astfel, debitul atenuat este $Q'_a > Q_a$, dar mai mic decît $Q_{0,1\%}$, fiind necesar un volum $V'_p < V_p$ (aria hașurată oblic).

Se cunosc şi alte metode. Prin figura 7 se urmăreşte a se arăta că poate fi obţinut orice grad de atenuare $Q_a/Q_{0,1\%}$, dacă se dispune de volumul V_p respectiv. Debitul viiturii naturale s-a luat aici simbolic, $Q_{0,1\%}$, cel cu frecvenţa 1 la 1000 ani. La rîuri mari trebuie luat $Q_{0,01\%}$ o dată la 10 000 ani, iar la rîuri mici şi obiective de gradul III se ia debitul $Q_{1\%}$ o dată la 100 ani.

Prin acest calcul nu s-a dovedit însă că V_p obţinut este cel optim. Acest calcul de optimizare este, cum s-a mai enunţat, foarte laborios şi încă inaccesibil proiectanţilor. Mai grea este optimizarea raportului V_u/V_p la folosinţe complexe, şi tratarea analitică a acestor probleme poate constitui munca multor cercetători şi doctoranzi, la care facem un apel pe această cale.

În sine, $V_u = \int_0^T [Q(t) - Q_c(t)]\,\mathrm{d}t$ se obţine uşor, fiind date: hidrografele lui $Q(t)$ afluent şi $Q_c(t)$ consumat de suma folosinţelor. Timpul T depinde de tipul compensării: zilnic, săptămînal, sezonier, anual.

Constatări energetice-economice

În unele ţări se diferenţiază tarifele, fie preţul de cost, fie cel de vînzare, ale energiei, sau unul convenţional p (preţ/kWh). Această diferenţiere se face, de exemplu, pentru energia de noapte, de zi, de vîrf, de zile lucrătoare, de sfîrşit de săptămînă, diferenţiind şi energiile asigurate de cele suplimentare, neasigurate. În Elveţia, de exemplu, în „Richtlinien für Vorprojekte" se disting următoarele categorii de energie electrică:

E_a — energie asigurată în zile lucrătoare, cu variaţie lunară;

E_s — idem, energie de noapte, respectiv sfîrşit de săptămînă;

E'_a — energie neasigurată (suplimentară) în zile lucrătoare;

E'_s — idem, de noapte şi de sfîrşit de săptămînă.

Din curbele sinusoidale (fig. 8) se observă diferenţele mari între tarife, variind între 0,4 şi 4,7 (cts/kWh). În alte ţări, diferenţierea nu este aşa de pronunţată. Cea din Elveţia încurajează la proiectarea centralelor cu acumulări mari şi energie asiguată, mai ales de iarnă. La noi situaţia este diferită, deoarece satisfacerea cu debite de vară a irigaţiilor şi producerea a peste 90% din energie pe cale termoenergetică, ca şi insuficienta diferenţiere a tarifelor energiei schimbă aspectul problemelor energetice-economice.

Comparînd investiţiile specifice hidroelectrice, i_h, şi termoelectrice, i_t, şi ţinînd seama de puterea serviciilor interne, ΔP_t, peste aceea hidroelectrică:

$$i_h = I_h/P_i \text{ (lei/kW)}; \; i_t = I_t/(P_i + \Delta P_t),$$

se constată că, în genere, $i_h > i_t$, cu rare excepţii cînd $i_h < i_t$, ceea ce a condus la concluzia că hidroelectrificarea este mai scumpă.

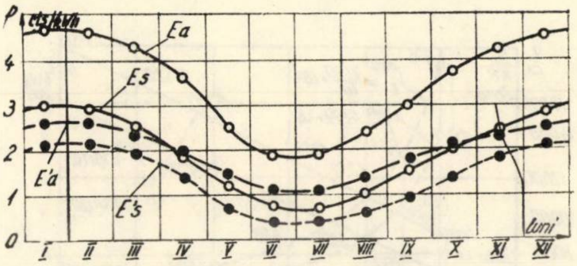


Fig. 8. Diferenţierea tarifelor p (cts/kWh) în Elveţia

E_a – zile lucrătoare
E_s – sfîrşit de săptămînă noaptea
} energii asigurate

E'_a – zile lucrătoare
E'_s – sfîrşit de săptămînă noaptea
} energii suplimentare

În alte ţări nu se compară investiţia specifică a puterii, ci a energiei, sau preţul de cost al produsului p (lei/kWh). Aceasta dă o cu totul altă imagine, şi anume se obţine $p_h < p_t$ în toate cazurile, întrucît:

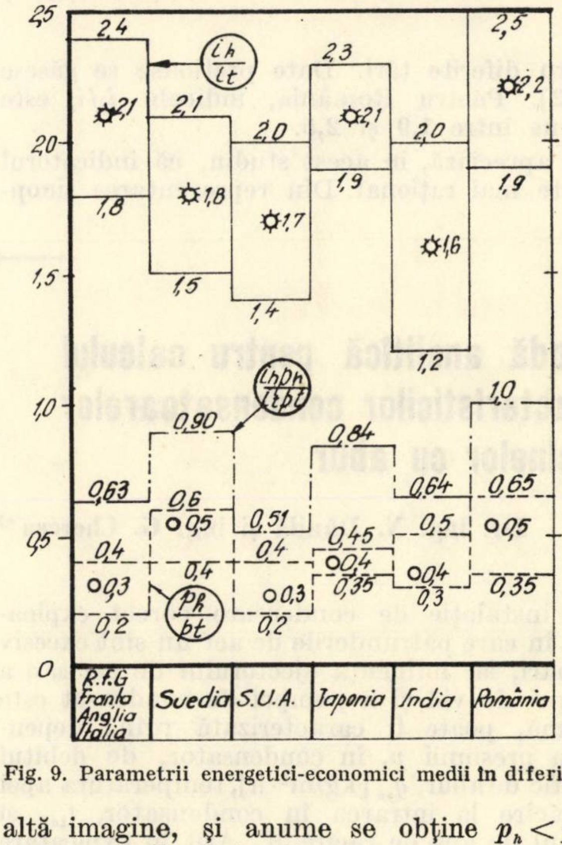


Fig. 9. Parametrii energetici-economici medii în diferite ţări

$$p_h = \frac{A_h}{E_h} = 0{,}06\ldots0{,}12;$$

$$p_t = \frac{A_t}{E_t} + p_c = 0{,}18\ldots0{,}25 \text{ lei/kWh},$$

datorită lui $A_h < A_t$; $E_t = E_h + \Delta E_t$ şi costul combustibilului $p_c = 0,08 \ldots 0,13$ lei/kWh, care lipseşte la centralele hidroelectrice. În plus, amenajările hidroelectrice aduc multe alte foloase complexe.

În figura 9 se compară indicatorii i_h/i_t; p_h/p_t şi $i_h\, p_h/i_t\, p_t$, cu limite maxime şi minime pentru diferite ţări. Date preţioase se găsesc în [2]. Pentru România, indicele i_h/i_t este cuprins între 1,9 şi 2,5.

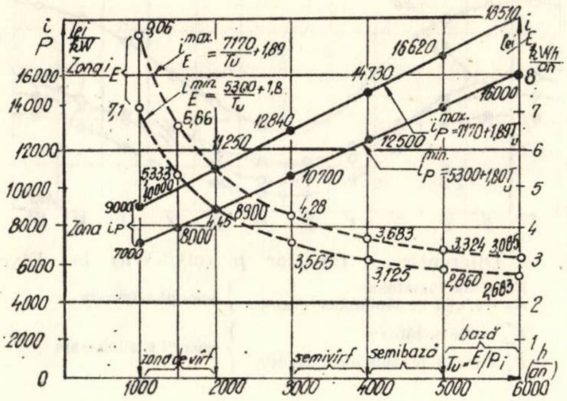


Fig. 10. Investiţii specifice i_P (lei/kW) şi i_E $\left(\frac{\text{lei investiţii}}{\text{kWh/an}}\right)$

Se apreciază, în acest studiu, că indicatorul i_p este mai raţional. Din reprezentarea sinoptică din figura 10, rezultată din inventarierile autorului, se pot exprima analitic indicatorii:

$$i_P^{max} = 7170 + 1,89\ T_u; \qquad i_P^{min} = 5300 + 1,8\ T_u \qquad [\text{lei/kW}];$$

$$i_E^{max} = \frac{7\,170}{T_u} + 1,89; \qquad i_E^{min} = \frac{5\,300}{T_u} + 1,8 \qquad [\text{lei inv./kWh/an}].$$

Pînă la finele anului 1969 s-a valorificat numai 5% din potenţialul hidroenergetic, dar în 1972, cînd Porţile de Fier şi Lotru vor funcţiona în plin, valorificarea se va apropia de 20%. Restul de 80% se va valorifica prin amenajările rîurilor Someşul Cald, Someşul Mare, Sebeş, Drăgan, Rîul Mare, Siret, Buzău, cascadele Oltului cu 1000 MW, iar pe Dunăre centralele Gruia, Islaz, precum şi multe alte centrale pe alte rîuri interioare.

Bibliografie

[1] Groza, O. şi Cogălniceanu, A. *Dezvoltarea hidroenergeticii.* Energetica nr. 8, 1964.

[2] Cogălniceanu, A. şi Iorgulescu, F. *Orientări actuale în hidroenergetică.* Editura tehnică, Bucureşti, 1967.

[3] Mosonyi, E. *Waterpower Development.* Budapesta, 1963.

[4] * * * *Design of TVA.* Washington, 1962.

[5] * * * E.P. Document de travail 302/196: *Situation de l'énergie.*

(Articol intrat în redacţie la 7 decembrie 1970)

◆

Metodă analitică pentru calculul caracteristicilor condensatoarelor turbinelor cu abur

Dr. ing. N. Dănilă şi ing. G. Chercea *)

O instalaţie de condensare corect exploatată, în care pătrunderile de aer nu sînt excesiv de mari, iar influenţa ejectorului de aer sau a pompei de vid şi a pompei de condensat este minimă, poate fi caracterizată prin: dependenţa presiunii p, în condensator, de debitul specific de abur, q_{ab} [kg/m²·h], temperatura apei de răcire la intrarea în condensator, t_{1a}, şi debitul de apă de răcire, W. Atît în exploatare cît şi în proiectare se folosesc, pentru fiecare tip de condensator în parte, curbe caracteristice ale condensatorului, construite sub forma:

$$p = f\,(t_{1a},\ W,\ q_{ab}).$$

Construirea caracteristicilor condensatorului se poate face pe două căi:

— pe baza unor date experimentale, şi anume a diferenţelor de temperatură măsurate cu o precizie cît mai mare cu ocazia încercărilor instalaţiei;

— pe baza unor date obţinute prin refacerea calculului termic al condensatorului pentru alte date de bază (t_{1a}, W, q_{ab}) decît cele nominale.

Ambele căi de rezolvare sînt mult prea laborioase. De aceea în cele ce urmează se prezintă o metodă de calcul care poate fi folosită pentru determinarea valorilor presiunii în condensator, corespunzătoare diferitelor valori ale debitului specific de abur, temperaturii apei de răcire la intrarea în condensator şi debitului de apă de răcire.

Se consideră cunoscute şi valabile următoarele relaţii:

---

*) Dr. ing. Nicolae Dănilă este profesor la Institutul politehnic Bucureşti; ing. George Chercea este cercetător ştiinţific principal la ICENERG.

— Suprafaţa de schimb de căldură a ţevilor condensatorului :

$$F = \pi \cdot d \cdot l \cdot n \cdot z \ [\mathrm{m}^2], \qquad (1)$$

în care

F este suprafaţa de schimb de căldură a condensatorului, m² ;
d — diametrul exterior al ţevilor, m ;
l — lungimea ţevilor, m ;
n — numărul de ţevi dintr-un drum al apei de răcire ;
z — numărul de drumuri ale apei de răcire.

— Suprafaţa de schimb de căldură a condensatorului :

$$F = \frac{Q}{k \Delta t_{med}} \qquad [\mathrm{m}^2], \qquad (2)$$

în care

Q este cantitatea de căldură care trebuie evacuată din condensator de către apa de răcire, kcal/h ;
k — coeficientul de transmitere a căldurii în condensator, kcal/m².h.grd ;
Δt_{med} — diferenţa medie logaritmică de temperatură între aburul care se condensează şi apa de răcire, grd.

— Debitul de apă de răcire :

$$W = \frac{Q}{c\rho\,(t_{2a} - t_{1a})} \qquad [\mathrm{m}^3/\mathrm{h}], \qquad (3)$$

în care

W este debitul de apă de răcire, m³/h ;
c — căldura specifică a apei de răcire, kcal/kg. grd ;
ρ — densitatea apei de răcire, kg/m³ ;
t_{1a} — temperatura apei de răcire la intrarea în condensator, °C ;
t_{a2} — temperatura apei de răcire la ieşirea din condensator, °C.

— Diferenţa medie logaritmică de temperatură între aburul care se condensează şi apa de răcire :

$$\Delta t_{med} = \frac{t_{2a} - t_{1a}}{\ln \dfrac{t_{sat} - t_{1a}}{t_{sat} - t_{2a}}} \qquad [\mathrm{grd}], \qquad (4)$$

în care t_{sat} este temperatura aburului saturat care se condensează, °C.

— Curgerea prin ţevi :

$$3600\, w \frac{\pi d_i^2}{4} n = W \qquad [\mathrm{m}^3/\mathrm{h}], \qquad (5)$$

în care

w este viteza de curgere a apei de răcire prin ţevi, m/s ;
d_i — diametrul interior al ţevilor condensatorului, m.

Se introduce notaţia :

$$B = \ln \frac{t_{sat} - t_{1a}}{t_{sat} - t_{2a}},$$

dar, conform relaţiei (4) :

$$B = \frac{t_{2a} - t_{1a}}{\Delta t_{med}},$$

iar din relaţia (3) rezultă :

$$t_{2a} - t_{1a} = \frac{Q}{Wc\rho}$$

şi din relaţia (2) :

$$\Delta t_{med} = \frac{Q}{Fk}.$$

Deci

$$B = \ln \frac{t_{sat} - t_{1a}}{t_{sat} - t_{2a}} = \frac{t_{2a} - t_{1a}}{\Delta t_{med}} = \frac{Q}{Wc\rho\Delta t_{med}} = \frac{Fk}{Wc\rho}; \qquad (6)$$

Relaţia (6) mai poate fi transformată ; introducînd valoarea F din relaţia (1) şi valoarea w din relaţia (5), se obţine :

$$B = \frac{Fk}{Wc\rho} = \frac{\pi d l n z k}{3600\, w \dfrac{\pi d_i^2}{4} n c \rho} = \frac{d l z k}{900\, d_i^2 \rho c w}.$$

Examinînd această ultimă expresie, se observă că poate fi separată o constantă, şi anume :

$$A = \frac{900\, d_i^2 \rho c}{d\, l\, z}, \qquad (7)$$

deci

$$B = \frac{k}{Aw}. \qquad (8)$$

Într-adevăr, dacă se neglijează variaţia densităţii şi a căldurii specifice a apei de răcire în funcţie de temperatură, considerînd că variaţia temperaturii acesteia este mult prea mică pentru a influenţa în mod sensibil valoarea acestor mărimi, atunci valoarea A poate fi considerată ca o constantă proprie fiecărui condensator.

Din relaţiile (6) şi (8) se obţine :

$$B = \ln \frac{t_{sat} - t_{1a}}{t_{sat} - t_{2a}} = \frac{k}{Aw},$$

de unde rezultă:

$$\frac{t_{sat} - t_{1a}}{t_{sat} - t_{2a}} = e^B,$$

în care e este baza logaritmilor naturali, iar

$$t_{sat}(e^B - 1) = e^B t_{2a} - t_{1a}.$$

Adunînd și scăzînd în membrul drept cantitatea $e^B t_1$, se poate obține o relație mai comodă pentru calculul temperaturii aburului saturat, t_{sat}, care determină valoarea presiunii în condensator;

$$t_{sat} = t_{1a} + \frac{e^B}{e^B - 1}(t_{2a} - t_{1a}) \quad [°C]. \qquad (9)$$

Din relațiile (6) și (2) se poate determina încălzirea apei de răcire în condensator:

$$t_{2a} - t_{1a} = B\Delta t_{med} = B\frac{Q}{kF} \quad [\text{grd}]. \qquad (10)$$

Cantitatea de căldură Q, transmisă apei de răcire, poate fi determinată, suficient de precis, cu formula:

$$Q = xG_{ab}r \quad [\text{kcal/h}], \qquad (11)$$

în care

x este titlul aburului care se condensează, kg/kg;

G_{ab} — debitul de abur care se condensează, kg/h;

r — căldura de vaporizare a aburului, kcal/kg.

Dacă se introduce în formula (10) valoarea Q stabilită cu relația (11) și apoi valoarea B din relația (8), se obține:

$$t_{2a} - t_{1a} = B\frac{xG_{ab}r}{kF} = \frac{xq_{ab}r}{Aw} \quad [\text{grd}], \qquad (12)$$

în care

q_{ab} este debitul specific de abur care se condensează, kg/m².h;

w — viteza apei în țevi, m/s.

Cu aceasta problema este practic rezolvată. Pentru a ușura aplicarea metodei propuse este utilă prezentarea unei scheme de calcul.

Schemă de calcul

1. Debitul de abur care se condensează, G_{ab} [kg/h], este dat.
2. Titlul aburului, x, este dat.
3. Debitul de apă de răcire, W [m³/h], este dat.
4. Temperatura apei de răcire la intrarea în condensator, t_{1a} [°C], este dată.
5. Debitul specific de abur care se condensează, q_{ab} [kg/m².h], se calculează cu formula:

$$q_{ab} = \frac{G_{ab}}{F}.$$

6. Viteza de curgere a apei de răcire în țevile condensatorului, w [m/s], se calculează cu formula:

$$w = \frac{4W}{3\,600\pi d_i^2 n}.$$

7. Multiplul de circulație, m [kg/kg], se calculează cu formula:

$$m = \frac{W\rho}{G_{ab}}.$$

8. Căldura de vaporizare, r[kcal/kgf], se determină din tabelele de abur.
9. Încălzirea apei de răcire în condensator, $t_{2a} - t_{1a}$ [grd], se calculează cu formula (12).
12. Coeficientul de transmitere a căldurii, k [kcal/m².h.grd], se calculează cu formule cunoscute, cum ar fi, de exemplu, formula lui Berman [1], sau se determină cu ajutorul nomogramelor.
11. Valoarea B se calculează cu formula (8).
12. Temperatura de saturație a aburului, t_{sat} [°C], se calculează cu formula (9).
13. Presiunea în condensator, p [at], se determină din tabelele de abur corespunzător temperaturii t_{sat}.
14. Diferența de temperatură între aburul care se condensează și apa de răcire la ieșirea din condensator, δt [grd], se calculează cu formula:

$$\delta t = t_{sat} - t_{2a} \cdot t$$

Pentru a ilustra modul de folosire a acestei scheme de calcul, se prezintă în continuare un exemplu numeric.

Exemplu de calcul

Se cere evaluarea presiunii în condensatorul unei turbine cu abur, proiectat pentru următoarele date de calcul: debitul de abur condensat, $G_{ab} = 130$ t/h; parametrii aburului la intrarea în condensator: $p_c = 0{,}03$ at; $i_c = 531$ kcal/kgf, temperatura apei de răcire, $t_{1a} = 10°C$; multiplul de circulație, $m = 70$ kgf apă/kgf abur, pentru cazul funcționării acestui condensator în regimuri diferite de cel nominal.

Folosind aceste date, modul de calcul de dimensionare a condensatorului fiind expus în [1], rezultatele calculului de dimensionare vor fi următoarele: suprafața de schimb de căldură, $F = 3010$ m²; lungimea țevilor, $l = 6{,}29$ m; diametrul exterior al țevilor, $d = 0{,}025$ m; diametrul interior al țevilor, $d_i = 0{,}023$ m; numărul de drumuri, $z = 2$; căldura specifică a apei de răcire, $c = 1$ kcal/kg grd; densitatea apei de răcire, $\rho = 1000$ kg/m³.

Din relația (7) se obține:

$$A = \frac{900\,d_i^2\,\rho\,c}{d\,l\,z} = \frac{900 \cdot 0{,}023^2 \cdot 1000 \cdot 1}{0{,}025 \cdot 6{,}29 \cdot 2} = 1515.$$

Datele privind regimul de calcul extrase din [1] și cele referitoare la trei regimuri diferite de acesta, ultimele fiind calculate conform metodei expuse, sînt concentrate în tabelul 1. Trebuie făcută mențiunea că valorile coeficientului de transmitere a căldurii au fost calculate cu formula lui Berman, prezentată în [1].

Tabelul 1

Nr. crt.	Denumirea	Regimuri			
		Nominal	*A*	*B*	*C*
1	Debitul de abur G_{ab}, kg/h	130 000	130 000	65 000	130 000
2	Titlul aburului x	0,870	0,870	0,903	0,870
3	Debitul de apă W, m³/h	9100	4325	9100	9100
4	Temperatura apei t_{1a}, °C	10	10	10	4
5	Debitul specific de abur q_{ab}, kg/m².h	43	43	21,6	43
6	Viteza apei în ţevi w, m/s	2,00	0,95	2,00	2,00
7	Multiplul de circulaţie m, kg/kg	70,0	33,3	140,0	70,0
8	Căldura de vaporizare r, kcal/kg	584	581	586	590
9	Încălzirea apei $t_{2a} - t_{1a}$, grd	7,20	15,13	3,77	7,28
10	Coeficientul de transmitere a căldurii k, kcal/m².h.grd	2260	1563	1887	1878
11	Valoarea B	0,745	1,085	0,622	0,619
12	Temperatura de saturaţie t_{sat}, °C	23,77	28,40	20,90	15,25
13	Presiunea în condensator p, at	0,030	0,039	0,025	0,017
14	Valoarea δt, grd	6,75	3,27	6,13	3,97

Concluzii

1. Metoda prezentată, care nu cuprinde aproximaţii şi deci este în întregime corectă din punct de vedere analitic, aduce o simplificare apreciabilă a calculelor aferente stabilirii caracteristicilor instalaţiilor de condensare ale turbinelor cu abur din centralele termoelectrice, în comparaţie cu metodele cunoscute pînă în prezent. Bineînţeles, metoda poate fi extinsă şi la alte instalaţii de condensare a aburului din alte ramuri industriale: chimie, turbine cu abur navale etc.
2. O raţionalizare suplimentară a calculelor poate fi obţinută prin alcătuirea, pe baza metodei prezentate, a unui program pentru un calculator electronic. Dată fiind simplitatea relaţiilor matematice, se poate folosi un calculator electronic relativ puţin pretenţios, cum ar fi calculatorul de birou Olivetti Programma 101.

Bibliografie

[1] Dinculescu, C., Moţoiu, C., Mişu, Al. şi Stoica, V. *Centrale termoelectrice. Probleme de proiectare, construcţie şi exploatare.* Editura tehnică, Bucureşti, 1959.

(Articol intrat în redacţie la 16 iulie 1970)

◆

Economicitatea utilizării pompelor de vid şi a ejectoarelor în centralele termoelectrice

Ing. A. Nabijovici[*)]

Modul de extragere a aerului din condensatorul turbinelor cu abur este de obicei la alegerea proiectantului, neexistînd criterii speciale pentru adoptarea unui anumit sistem. În prezent, ca mijloace de extragere a aerului din condensator se folosesc ejectoare cu abur, ejectoare cu apă (în măsură mai mică) şi pompe de vid. Lucrarea de faţă îşi propune o comparaţie termodinamică între pompele de vid şi ejectoarele cu abur.

1. Extragerea aerului cu ajutorul pompelor de vid

Utilizarea pompelor de vid pentru extragerea aerului din condensator are o largă răspîndire în special în Europa occidentală (Franţa) şi în S.U.A. Pompele de vid sînt pompe centrifuge cu inel de apă cu injecţie sau palete. Practic, pompa cu injecţie este o turbină hidraulică cu injecţie parţială, antrenată de un motor electric. Scurgerea se efectuează în timp ce paletele roţii trec prin faţa ajutajelor, denumite distribuitoare. Se formează o serie de lamele de apă cu formă uşor concavă, groase de cîţiva mm.

Gazele necondensabile şi aburul saturat extras din condensator se găsesc prinse între lamele de apă şi sînt evacuate către descărcare. Datorită faptului că aburul saturat antrenat de gazele necondensabile este absorbit apa de funcţionare, capacitatea pneumatică a pompei se exprimă în kg de aer uscat. Această capacitate pneumatică depinde riguros de presiunea reziduală a aerului, deci de diferenţa dintre presiunea creată prin condensare şi presiunea vaporilor de apă cu care funcţionează pompa. Ea este deci independentă de cantitatea de abur saturat amestecat cu gazele necondensabile.

În pompele cu inel de lichid şi palete compresia aerului se face printr-un rotor cu palete, excentric în raport cu corpul pompei. Camera

---

[*)] Ing. Abdulah Nabijovici este inginer principal proiectant la ICPET Bucureşti.

de compresie este compusă din spaţiul inclus între rotor şi un inel de apă aplicat pe peretele interior al pompei, ca urmare a forţei centrifuge. De obicei aceste pompe se cuplează cu un ejector cu abur în cazul necesităţii de a realiza un vid sub 0,035 at.

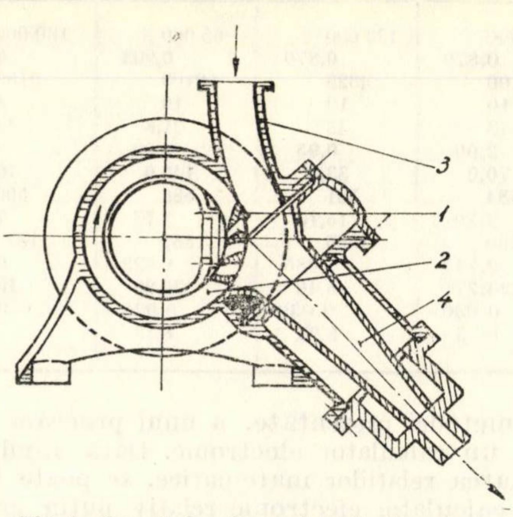


Fig. 1. Pompă de vid cu injecţie de apă : 1 – distribuitoare de apă ; 2 – locul de formare a peliculei de apă ; 3 – admisie amestec ; 4 – evacuare aer.

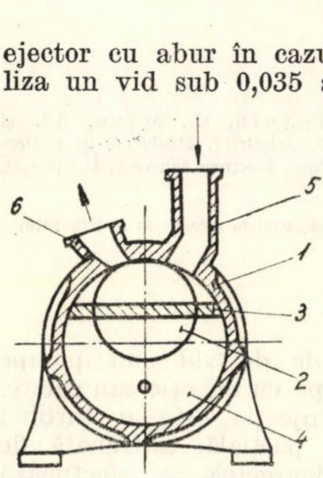


Fig. 2. Pompă de vid cu palete şi inel de apă : 1 – corpul pompei ; 2 – rotor excentric ; 3 – palete ; 4 – peliculă de apă ; 5 – admisie amestec ; 6 – evacuare.

Pentru centrale electrice se utilizează pompa simplă.

2. Ejectorul cu abur

Pînă în prezent, ejectorul cu abur constituie soluţia cea mai utilizată pentru extragerea aerului din condensator.

Ejectorul este un aparat în care o vînă de fluid în mişcare rapidă serveşte, prin depresiune şi frecare, la antrenarea şi comprimarea altui fluid. Ca fluid activ se utilizează de cele mai multe ori abur extras dintr-o priză a turbinei, la presiunea de 10–15 at. Pentru punerea în funcţiune a ejectorului, atît la sarcină nominală cît şi la sarcini reduse, se utilizează abur provenit direct de la cazan, a cărui presiune este redusă prin laminare pînă la valoarea de mai sus. În cazul frecvent al ejectorului cu mai multe etaje, toate etajele ejectorului utilizează abur activ cu aceleaşi caracteristici. Între diferite etaje ale unui ejector se prevăd răcitoare cu apă pentru condensarea aburului din amestecul comprimat. Acest lucru permite, pe de o parte, recuperarea căldurii conţinute în aburul antrenat, iar pe de altă parte, în final, chiar recuperarea condensatului rezultat.

3. Determinarea cantităţii de aer care pătrunde în condensator

Cantitatea de aer care pătrunde în condensator este funcţie de mărimea condensatorului (de cantitatea de abur condensat, de modul de realizare a etanşării, de presiunea din condensator etc.). Stabilirea acestei cantităţi se bazează pe formule empirice, în care în general debitul de aer este corelat cu debitul de abur condensat, ca, de exemplu :

– după Stodola : $G_{aer} = 3 + 4,5\left(\frac{D}{10}\right)^{0,9}$ [kg/h] ;

– după Bliudov : $G_{aer} = 0,5\ D$ [kg/h] ;

– după Şliahin şi Berman :

$$G_{aer} \leqslant C\left(\frac{D}{100} + 1\right) [\text{kg/h}],$$

în care

D este debitul de abur, t/h ;

$C = 1,\ 2,\ 4$, pentru etanşare foarte bună, bună şi, respectiv, mediocră.

Procedeele noi recomandă să se calculeze debitul infiltrat relativ independent de debitul de abur, şi anume :

$$G_{aer} = 0,07656\ \Delta p V,$$

în care

Δp este creşterea de presiune din condensator, m.bar/min ;

V – capacitatea condensatorului, m³.

(Se observă că există o relaţie între debitul de abur şi volumul condensatorului ; deci acesta nu este independent de debitul de abur.)

De remarcat că normele de recepţie sau recomandările unanim recunoscute prevăd că presiunea în condensator nu trebuie să crească cu mai mult de 13,33 m.bar după primele 10 minute de la obturarea ermetică a aspiraţiei aerului (adică 1 torr/min) şi că această valoare constituie o dovadă că etanşarea este satisfăcătoare. Se observă faptul că această valoare se înscrie ca o valoare medie în formula lui Berman pentru calculul creşterii presiunii în condensator :

$$\Delta p = k\,\frac{\delta}{S}\left(\frac{D}{100} + 1\right) [\text{torr/min}],$$

în care

$k = 25, 50, 90$, după tipul etanşării;

$\delta = D/S$ este încărcarea reală specifică cu abur a condensatorului, kg/m².h);

S – suprafaţa de schimb de căldură a condensatorului, m²;

D – debitul de abur.

În mod uzual, pentru determinarea acestui debit de aer, în practică se folosesc diagrame şi tabele care dau cantitatea de aer funcţie de debitul de abur al turbinei la condensator. Valorile din aceste diagrame şi tabele sînt acoperitoare. În figura 3 se prezintă curba de variaţie a cantităţii de aer infiltrat în condensator funcţie de debitul de abur al condensatorului, după normele americane [6 (curbele *a*)].

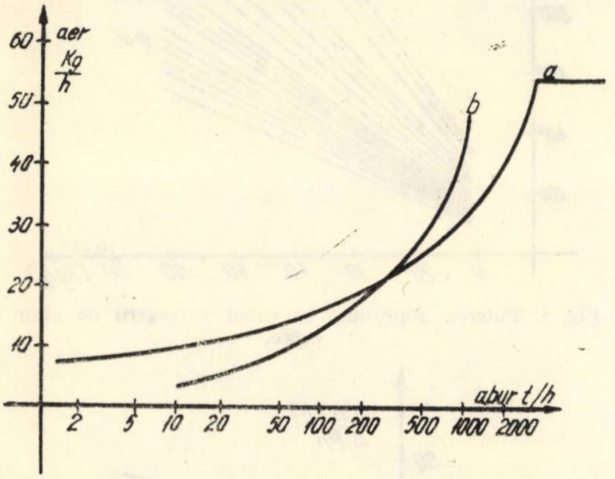


Fig. 3. Debitul de aer uscat funcţie de debitul de abur la condensator.

De asemenea, pentru debite pînă la 1000 t/h mai există diagrame ca cea din figura 3 [5 (curbele *b*)], ale căror rezultate sînt comparabile cu cele notate cu *a*.

4. Analiza termodinamică a modului de extragere a aerului din condensator

În continuare se analizează influenţa extragerii debitului de aer G_a din condensator cu ajutorul aburului viu prelevat de la prize de diferite nivele, în cazul utilizării ejectorului cu abur şi a pompei de vid, asupra puterii P, a turbinei, aceasta variind cu ΔP.

4.1. *Calculul puterii neproduse prin prelevarea unui debit de abur din turbină pentru alimentarea ejectorului*

Se defineşte, la ejector, raportul:

$$\frac{G_0'}{G_0} = \frac{i_6 + p_6 v_6 - i_0}{i_0' - (i_6 + p_6 v_6)},$$

în care

G_0' este debitul de fluid antrenat;

G_0 – debitul de fluid activ;

i_6 – entalpia la evacuarea din ejector;

p_6 – presiunea la evacuarea din ejector;

v_6 – volumul specific la evacuarea din ejector;

i_0 – entalpia fluidului activ;

i_0' – entalpia fluidului antrenat.

Avînd în vedere că

$$G_0' = G_v + G_a,$$

în care

G_a este debitul de aer uscat extras;

G_v – debitul de abur antrenat de aer, exprimat prin relaţia:

$$G_v = \frac{760\, G_a \gamma_v}{p_a \gamma_a},$$

în care

γ_v este greutatea specifică a aburului la presiunea sa parţială;

γ_a – greutatea specifică a aerului în condiţii normale;

p_a – presiunea parţială a aerului.

În general, la condensatoarele turbinelor cu abur cu vid înaintat se poate considera că $G_v = (6 \div 7)\, G_a$.

În cele ce urmează s-a considerat că $G_v = 7\, G_a$ şi, în consecinţă, $G_0' = 8\, G_a$.

Rezultă că în cazul extragerii unui debit de aer G_a din condensator, debitul de fluid activ este:

$$G_0 = \frac{8\,[i_0' - (i_6 + p_6 v_6)]}{i_6 + p_6 v_6 - i_0}\, G_a.$$

În cazul în care acest debit este extras de la o priză a turbinei după supraîncălzirea intermediară, sau în cazul turbinelor fără supraîncălzire intermediară, rezultă că nu este produsă o putere:

$$\Delta P_n^{\prime} = \frac{G_0\, H_i}{860}\, \eta_m \cdot \eta_g,$$

sau

$$\Delta P_n^{\prime} = \frac{8 H_i [i_0' - (i_6 + p_6 v_6)]}{[(i_6 + p_6 v_6) - i_0] 860}\, \eta_m \cdot \eta_g \cdot G_a, \qquad (1)$$

în care

H_i este căderea de entalpie reală în turbină de la priza de extragere la condensator;

η_m – randamentul mecanic al turbinei;

η_g – randamentul generatorului.

În cazul în care extragerea are loc înaintea supraîncălzirii intermediare (la eşaparea din corpul de înaltă presiune), puterea neprodusă este diminuată de faptul că aburul extras nu mai este supraîncălzit intermediar.

Cantitatea de căldură neconsumată prin utilizarea aburului înainte de supraîncălzire este:

$$Q_{nec}^{\prime} = G_0\, (i_{s\hat{\imath}} - i_{e.\hat{\imath}.p}),$$

în care

i_{si} este entalpia după supraîncălzirea intermediară ;

i_{eip} — entalpia la eșaparea din corpul de înaltă presiune.

Diminuarea puterii este dată de relația :

$$\Delta P_d = \frac{G_0(i_{si} - i_{eip})}{860}\eta_m \cdot \eta_g,$$

din care rezultă :

$$\Delta P_n^t = \frac{8H_i\,[i_0' - (i_6 + p_6 v_6)]}{860\,(i_6 + p_6 v_6 - i_0)}\left(1 - \frac{i_{si} - i_{e\cdot p}}{860}\right)\eta_m \cdot \eta_g G_a, \tag{2}$$

în care H_i este căderea reală de entalpie în corpul de medie și joasă presiune.

În cazul folosirii aburului viu direct de la cazan, formulele (1) și (2) se mențin, cu observația că H_i este întreaga cădere de entalpie în turbină.

Se constată că în general în centralele termoelectrice toate ciclurile pentru turbine cu puteri mai mari de 50 MW sînt cicluri cu supraîncălzire intermediară. Presiunea și temperatura la eșaparea corpului de înaltă presiune variază între 20 și 35 at, respectiv 350—380°C la turbinele cu parametrii la admisie cuprinși între 130 at/565°C și 163 at/535°C și între 40—45 at și circa 320—340°C la turbinele cu parametrii de 180 at/535°C.

Considerînd că ejectorul funcționează la presiunea-limită de 12 at, rezultă că alimentarea acestora se poate face fie cu abur de înaltă presiune (20—35 at) și temperatura mai mică de 400°C, fie cu abur de presiune medie și temperatură relativ înaltă (mai mare de 450°C) ; în primul caz, ejectorul ar fi legat direct la eșaparea corpului de înaltă presiune, iar în al doilea caz la una dintre prizele din capătul de medie presiune al turbinei. Presiunile uzuale la prize de la care s-ar putea face alimentarea ejectorului sînt cuprinse între 14 și 24 at, iar temperatura variază între 480 și 520°C (în cazul existenței supraîncălzirii intermediare). Temperatura aburului la ejector trebuie să aibă în general valoarea de 250°C, aburul de la prize fiind răcit printr-o injecție de apă în cazul în care temperatura prizei este ridicată.

Pornind de la aceste date, în figura 4 sînt trasate curbele de variație ale puterii neproduse în cazul prelevării din turbină a unui debit de abur necesar extragerii a G_a cantități de aer, cînd presiunea acestui abur prelevat are valorile 14 ; 16 ; 18 ; 20 ; 22 ; 24 at, iar presiunea la condensator are valorile de 0,035 ; 0,04 ; 0,05 ata pentru o valoare a randamentului intern al turbinei (a părții respective) de 0,8.

În cazul în care valorile randamentului intern sînt diferite de 0,8, curba A din figura 5 permite efectuarea corecției necesare. De asemenea, în figura 5, curba B permite efectuarea corecției cînd variază temperatura aburului viu la intrarea în ejector, iar curba C dă corecția necesară pentru cazul presiunilor la condensator intermediare față de cel de calcul.

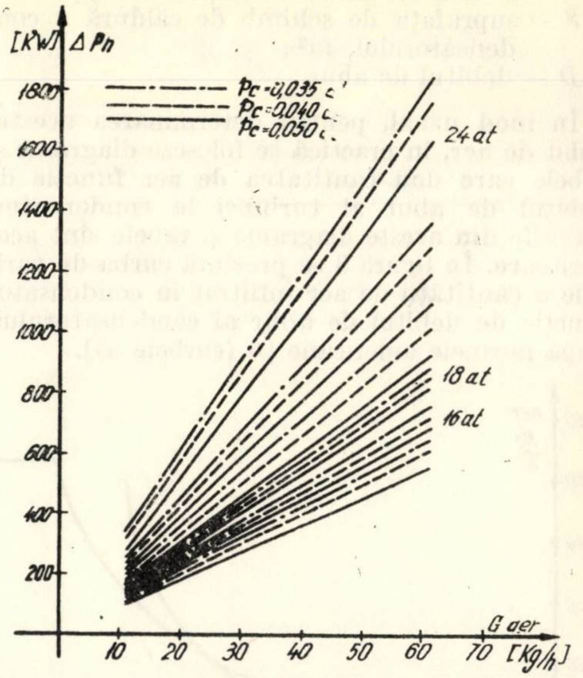


Fig. 4. Puterea neprodusă în cazul extragerii de abur la prize.

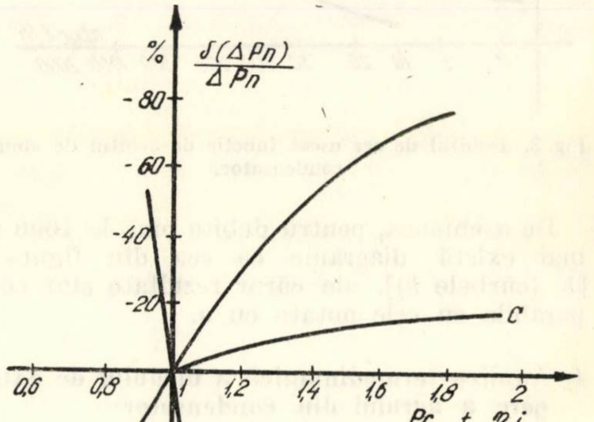


Fig. 5. Corecțiile puterii neproduse ΔP_n funcție de randamentul intern (A), temperatura aerului (B) și presiunea la condensator (C).

4.2. *Puterea necesară în cazul extragerii aerului cu pompe de vid*

Puterea necesară pompelor de vid este dată, pe de o parte, de debitul de aer extras, iar pe de altă parte de temperatura apei de injecţie a pompei, deci de temperatura peliculei de apă din pompă, care influenţează puterea necesară pompei prin intermediul presiunii parţiale sub care trebuie extras aerul, acestă presiune reziduală fiind diferenţa dintre presiunea existentă în condensator şi cea a vaporilor saturaţi de apă, corespunzătoare temperaturii apei de injecţie. Analizînd curbele de funcţionare a pompelor cu injecţie de apă, în figura 6 au fost trasate curbele de variaţie a puterii necesare pompei în cazul varierii presiunii la condensator şi, corespunzător, a apei de răcire (considerînd că apa de răcire a pompei are aceeaşi temperatură cu cea a condensatului).

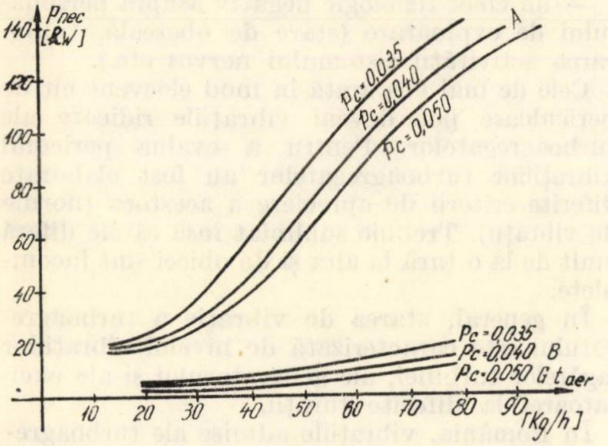


Fig. 6. Puterea necesară pompelor de vid.

4.3. *Compararea posibilităţilor de extragere a aerului*

Avînd la dispoziţie aceste diagrame, se constată că :

— extragerea aerului cu ajutorul pompelor de vid este net avantajoasă faţă de extragerea cu ajutorul ejectorului în toată gama de debite ;

— antrenarea cu pompe de vid prezintă un minim de consum pentru debite ale aerului uscat cuprinse între 10 şi 20 kg/h (corespunzător la circa 25—225 t/h abur la condensator), dar aceasta numai din cauza construcţiei pompelor, deoarece în acest interval curgerea apei prin paletele directoare ale pompei prezintă regimul cel mai bun ;

— pompele cu palete şi inel de apă au consumuri foarte mici atît în comparaţie cu ejectoarele cu abur, cît şi cu pompele cu injecţie de apă.

Concluzii

Analiza efectuată pînă acum nu este completă deoarece nu ţine seamă de posibilităţile de recuperare a căldurii aburului utilizat în ejector. Consumul de căldură depinde în special de modul de alimentare a ejectorului şi de recuperarea căldurii conţinute în aburul de eşapare.

Dacă grupul are preîncălzire regenerativă, căldura recuperată înlocuieşte o parte din cea extrasă pe priza următoare, debitul suplimentar mergînd la condensator, deci producînd putere care diminuează $\Delta P_n'$ determinat anterior.

În literatura de specialitate [6] se arată că recuperarea este în general de circa 23—25% din căldura conţinută în aburul de alimentare a ejectorului. Aburul care nu se mai extrage la priza următoare, datorită acestui aport de căldură din condensat, produce o putere suplimentară care însă este mică în raport cu puterea neprodusă $\Delta P_n'$, datorită, pe de o parte, debitului de circa patru ori mai mic, iar pe de altă parte căderii mici pe care o prelucrează faţă de căderea H_i la care ar fi lucrat debitul extras. Această diferenţă de cădere este cu atît mai mică cu cît presiunea de prelevare a aburului este mai coborîtă. Raportul dintre căderea pe ultima parte a turbinei (de la ultima priză la condensator) şi căderea de la presiunea de extragere a aburului la condensator are în general valori cuprinse între 0,2 şi 0,1 pentru presiuni de extragere cuprinse între 14 şi 24 at.

Ţinînd seamă de acest lucru rezultă că sporul maxim de putere în cazul cel mai favorabil este de circa 5%. Recuperarea maximă posibilă este deci, uzual, de circa 30%.

Cunoscînd puterea neprodusă, consumul specific de abur al grupului şi factorul de recuperare, se poate determina consumul suplimentar de căldură în cazul extragerii aerului cu ajutorul ejectorului faţă de cazul extragerii cu pompe de vid.

Se remarcă faptul că şi pentru pompele de vid puterea trebuie corectată cu randamentul motorului respectiv şi al transformării generator-motor, pentru a efectua corect analiza la bornele generatorului.

La temperaturi mari ale aburului viu la ejector şi la debite mici de aer extras, ejectoarele pot fi competitive cu pompele cu injecţie de apă, dar în nici un caz cu pompele cu palete şi inel de lichid. La debite mari de aer, deci la puteri mari ale turbinei, pompele de vid sînt mult mai economice, urmînd ca performanţele acestora în exploatare să fie hotărîtoare în adoptarea generală a acestei metode de extragere a aerului.

Bibliografie

[1] Vlădea, I. *Instalaţii şi utilaje termice.* Editura tehnică, Bucureşti, 1966.

[2] Bliudov, V. P. *Instalaţiile de condensare ale turbinelor cu abur.* Editura energetică, Bucureşti, 1954.

[3] * * * Heat Exchange Institute — *Standards for Steam Surface Condensers,* fifth Edition, New York, 1965.

[4] * * * C. E. M. *Curbe de funcţionare ale pompelor SCAM-LEBLANC.*

[5] Kablet, W. *Instalaţii pentru supravegherea siguranţei de funcţionare a marilor grupuri din CNE.* Atom und Strom, iulie/august 1969.

[6] Ricard, J. *Equipement thermique des usines generatrices d'énergie électrique.* Ed. Dunod, Paris, 1962.

(Articol intrat în redacţie la 22 iunie 1970)

Unele aspecte ale criteriilor de apreciere a vibraţiilor turboagregatelor

Ing. Gh. Pleşu*)

Construcţia de turbine cu abur a cunoscut în ultimii ani o dezvoltare foarte rapidă. Au crescut în mod substanţial puterile unitare ale agregatelor şi parametrii aburului viu şi, implicit, solicitările dinamice. În legătură cu aceasta, au sporit, evident, şi cerinţele pentru asigurarea funcţionării turboagregatelor în condiţii de securitate deplină.

După cum se ştie, siguranţa în funcţionare a turboagregatelor depinde în mare măsură de nivelul vibraţiilor lor. De aceea vibraţiile turboagregatelor trebuie măsurate şi înregistrate în toate fazele existenţei acestora (în uzina constructoare, în timpul probelor de punere în funcţiune, permanent sau periodic în cursul exploatării, după revizii şi reparaţii).

Vibraţiile ridicate ale turboagregatelor se pot datora mai multor cauze. Enumerăm mai jos doar cîteva dintre ele, pe care le considerăm mai importante, şi anume :

— echilibrarea statică şi dinamică nesatisfăcătoare a rotoarelor şi a cuplajelor;

— centrarea defectuoasă a rotoarelor turbinei, generatorului şi excitatoarei;

— încovoierea elastică a arborilor determinată de instabilitatea termică a materialului sau de încălzirea (răcirea) lor neuniformă (neechilibrarea termică);

— atingerea părţilor mobile de părţile fixe ale agregatului;

— jocurile nepermis de mari în lagăre;

— ungerea defectuoasă (debit redus de ulei, variaţia temperaturii acestuia);

— slăbirea diferitelor îmbinări cu filet, a unor sisteme de prindere şi fixare şi a ajustajelor diverselor elemente constructive ale agregatului (discuri, semicuplaje, inele de bandaj, inele de centrare etc.);

— alegerea incorectă a frecvenţelor vibraţiilor proprii ale unor piese şi subansamble componente (coincidenţa dintre turaţia critică a arborilor şi turaţia de regim, dintre frecvenţa vibraţiilor fundaţiei şi frecvenţa ciclică, rigiditatea insuficientă a suporturilor lagărelor, a plăcilor de fundaţie etc.);

— tasarea sau fisurarea fundaţiilor, slăbirea şuruburilor de fundaţie;

— distribuţia neuniformă a fluxului magnetic în întrefierul generatorului.

Creşterea vibraţiilor peste o anumită limită poate avea următoarele consecinţe :

— deteriorarea anumitor elemente componente ale turbinei datorită solicitărilor deosebite la oboseală (palete, discuri etc.);

— slăbirea ajustajelor, a îmbinărilor etc.;

— încălzirea excesivă a lagărelor;

— deteriorarea izolaţiei bobinelor statorului şi rotorului generatorului;

— perturbarea comutaţiei colectoarelor;

— deteriorarea fundaţiei agregatului şi a pereţilor centralei;

— un efect fiziologic negativ asupra personalului de exploatare (stare de oboseală, tulburarea activităţii sistemului nervos etc.).

Cele de mai sus arată în mod elocvent cît de periculoase pot deveni vibraţiile ridicate ale turboagregatelor. Pentru a evalua pericolul vibraţiilor turboagregatelor au fost elaborate diferite criterii de apreciere a acestora (norme de vibraţii). Trebuie subliniat însă că ele diferă mult de la o ţară la alta şi de obicei sînt incomplete.

În general, starea de vibraţie a turboagregatului este caracterizată de nivelul vibraţiilor lagărelor turbinei, ale generatorului şi ale excitatoarei la diferite turaţii.

În România, vibraţiile admise ale turboagregatelor cu abur în timpul exploatării sînt stabilite prin STAS 6910-64. Măsurarea vibraţiilor se face în planul de simetrie al lagărului, astfel :

— pe corpurile lagărelor axiale, în trei direcţii perpendiculare, dintre care una axială;

— pe corpurile lagărelor radiale, în două direcţii, orizontal (perpendicular pe direcţia axială) şi vertical.

Valorile admisibile ale vibraţiilor, stabilite în funcţie de turaţie, sînt indicate în tabelul 1.

Vibraţiile se verifică la toate lagărele turboagregatului pentru trei regimuri de funcţionare :

— funcţionarea în gol (la turbogeneratoare, fără excitarea generatorului);

— funcţionarea la 1/2 din sarcina nominală;

— funcţionarea la sarcina nominală.

Valorile măsurate ale amplitudinii*) nu trebuie să depăşească (la regimurile arătate mai sus) valorile din tabelul 1.

Tabelul 1

Turaţia nominală, rot/min	Amplitudini μm		
	foarte bine	bine	satisfăcător
Pînă la 1500	pînă la 30	peste 30 pînă la 80	peste 80 pînă la 100
Peste 1500, pînă la 5000	pînă la 20	peste 20 pînă la 50	peste 50 pînă la 70
Peste 5000	pînă la 10	peste 10 pînă la 25	peste 25 pînă la 40

În U.R.S.S., aprecierea vibraţiilor turboagregatelor în funcţiune se face în conformitate cu normele de vibrații ale lagărelor cuprinse în Instrucțiunile de exploatare tehnică a centralelor și rețelelor electrice. Pentru turațiile de 1500 și 3000 rot/min, aceste norme sînt prezentate în tabelul 2.

---

*) Ing. Gheorghe Pleşu este cercetător III la ICPET.

*) Prin ,,amplitudinea vibraţiei" se înţelege, în acest caz, distanţa *A* între poziţiile extreme ale punctelor de pe curba de vibraţie.

Tabelul 2

Turația rotorului, rot/min	Amplitudini, µm	Calificativul vibrației
1500	pînă la 40	foarte bine
	pînă la 60	bine
	pînă la 80	satisfăcător
3000	pînă la 20	foarte bine
	pînă la 30	bine
	pînă la 50	satisfăcător

De menționat că noțiunea „amplitudinea vibrației" are același sens ca și în cazul precedent. Măsurarea se face pe trei direcții : verticală, transversală și longitudinală la partea superioară a corpurilor lagărelor, deasupra axei de simetrie a cuzinetului.

Pentru turboagregatele cu turația de peste 3000 rot/min nu există norme oficiale pentru vibrații admisibile. Pentru astfel de agregate, ținînd seamă de experiența proprie și a altor țări, unii specialiști sovietici [1] recomandă stabilirea limitei admisibile de vibrație a lagărelor turboagregatelor în funcțiune după curba reprezentată în figura 1.

Vibrațiile turboagregatelor se măsoară periodic în timpul exploatării și ori de cîte ori se observă o creștere a lor. La toate agregatele se controlează vibrațiile după montaj, precum și înainte și după reparații capitale.

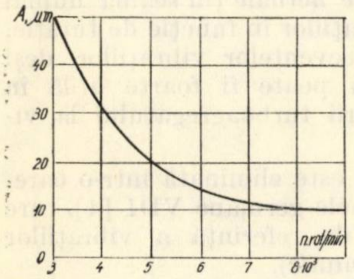


Fig. 1. Vibrația admisibilă a lagărelor turboagregatelor de turație ridicată în condiții de exploatare.

Starea turboagregatului se consideră nesatisfăcătoare dacă vibrația a cel puțin un lagăr, în una din cele trei direcții, depășește valoarea corespunzătoare calificativului „satisfăcător" din tabelul 2. În acest caz agregatul trebuie oprit pînă la eliminarea cauzelor vibrației inadmisibile.

Pentru turbogeneratoare și excitatoare, la punerea în funcțiune, vibrațiile admisibile sînt fixate prin GOST 533-51. Amplitudinea vibrației lagărelor pentru mașinile cu turația nominală de 3000 rot/min, indiferent de regim, nu trebuie să depășească 50 µm.

De reținut că, la punerea în funcțiune a turboagregatelor, limitele admisibile arătate mai sus corespund măsurătorilor vibrațiilor verticale la partea superioară a corpurilor lagărelor și ale celor transversale și longitudinale, la nivelul planului de separație a lagărelor. Alegerea diferită a locurilor de măsurare la punerea în funcțiune a turboagregatelor și în timpul exploatării lor nu are nici o justificare tehnică. În plus, se creează uneori confuzii, întrucît între vibrațiile transversale și longitudinale măsurate la partea superioară a corpului lagărului, pe de o parte, și cele similare măsurate în planul de separație a lagărului poate exista o diferență de 20—30%. În felul acesta, agregatele noi, date în funcțiune cu vibrații de 50 µ m în planul de separație a lagărelor, vor avea vibrații inadmisibile față de cele prevăzute în normele de exploatare.

După părerea unor autori [1], în afară de această anomalie actualele norme nu stabilesc cele mai potrivite limite pentru vibrațiile turboagregatelor moderne, ale căror vibrații sînt mai reduse ca urmare a îmbunătățirii tehnicii de echilibrare. Această situație se pare însă că va fi înlăturată în scurt timp prin introducerea unui nou GOST unitar pentru limitarea vibrațiilor turboagregatelor.

După cum s-a arătat mai sus, vibrațiile turboagregatelor în ansamblu se apreciază, de regulă, după vibrațiile lagărelor. Practica demonstrează însă că vibrațiile lagărelor nu caracterizează pe deplin vibrația rotoarelor turboagregatelor, care are o importanță deosebită în realizarea unei funcționări sigure și liniștite a agregatului. Din măsurătorile efectuate pe mai multe tipuri de turbogeneratoare [1] a reieșit că vibrațiile rotorului sînt de 4—10 ori mai mari decît vibrațiile verticale ale lagărelor și de 8—15 ori mai mari decît cele transversale. În același timp, între vibrațiile rotorului și cele ale lagărelor s-a observat un decalaj de fază pînă la 120 — 160°.

Relația dintre vibrațiile arborelui și cele ale lagărului este în general complexă. În figura 2 este prezentat un exemplu al acestei relații pentru vibrațiile verticale ale capetelor arborelui și ale lagărelor unui turbogenerator (TV-50-2).

După cum se observă, la amplitudini mici ale lagărului amplitudinea arborelui este relativ mult mai mare. De la circa 30 µm raportul dintre amplitudinea arborelui, A_a, și cea a lagărului, A_e, devine constant (vibrațiile lagărului cresc direct proporțional cu cele ale arborelui).

Este evident că diferența dintre vibrațiile arborelui și cele ale lagărului se datorează peliculei elastice de ulei care se găsește între acestea.

Practica arată că vibrațiile ridicate ale rotorului se datoresc, de regulă, acțiunii unor forțe neechilibrate ; de aceea unele firme din străinătate recomandă ca normarea vibraţiilor să se facă după vibraţia arborilor turboagregatelor. În acest fel se poate face şi legătura între nivelul vibraţiilor şi calitatea echilibrării.

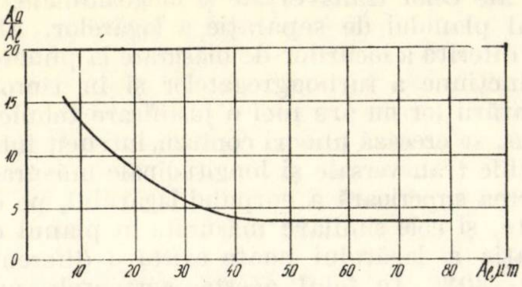


Fig. 2. Curba relaţiei dintre raportul amplitudinilor vibraţiilor capetelor arborelui şi ale lagărelor şi amplitudinea vibraţiilor lagărelor.

În figura 3 sînt prezentate grafic normele de acest tip după care lucrează firma Westinghouse, pentru vibraţiile verticale ale arborilor [5].

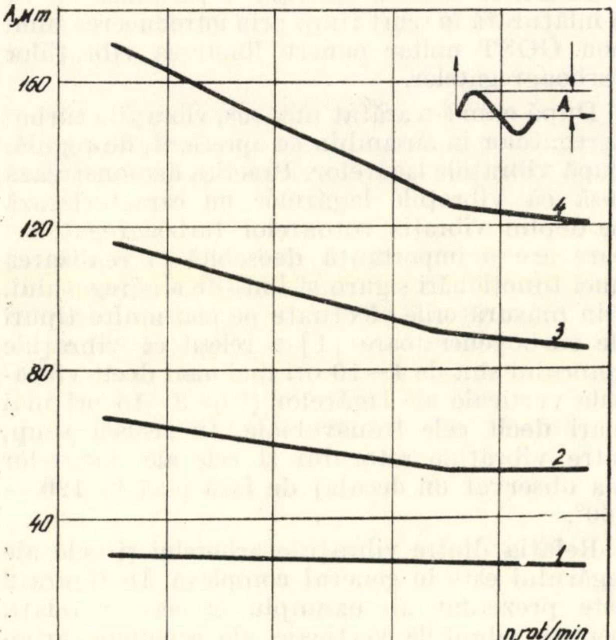


Fig. 3. Normele Westinghouse pentru vibraţiile arborilor turboagregatelor :

1 — treapta 1 şi mai jos, bine ; 2 — treapta 2 şi mai jos, satisfăcător ; 3 — treapta 3 şi mai jos, echilibrare insuficientă, însă funcţionarea este lipsită de pericol ; 4 — treapta 4 şi mai jos, funcţionarea este admisă pe termen limitat ; peste treapta 4 vibraţiile sînt inadmisibile.

După cum se observă, aceste norme prevăd restricţii foarte severe. Pentru calificativul „bine'' (treapta 1), nivelul maxim admisibil al vibraţiilor este practic acelaşi la orice turaţie. La turaţii mai reduse (în general sub 3000 rot/min) se admit totuşi vibraţii mai ridicate numai pentru celelalte trepte ale normei (2, 3, 4).

Eforturile deosebite existente în turboagregatele moderne de mare putere impun restricţii din ce în ce mai ridicate în ceea ce priveşte reducerea nivelului vibraţiilor la orice regim de funcţionare. De aceea se consideră că ar fi foarte util ca vibraţiile turboargregatelor să fie apreciate şi după amplitudinea vibraţiei arborilor la prima turaţie critică.

Cercetarea şi practica echilibrării rotoarelor au demonstrat că atingerea turaţiei critice atît la pornirea cît şi la oprirea turboagregatului este însoţită de creşterea însemnată a vibraţiilor. În unele cazuri, amplitudinea vibraţiilor lagărelor la prima turaţie critică poate atinge 200—300 µm (de 7—10 ori mai mare decît valoarea maximă admisibilă corespunzătoare calificativului „bine'' la 3000 rot/min), iar cea a vibraţiilor capătului arborelui 500—600 µm [1]. Atingerea celei de-a doua turaţii critice (cînd aceasta se află sub turaţia nominală) poate duce uneori la creşterea vibraţiei capătului arborelui pînă la 600—1000 µm.

Această situaţie a determinat Uzina „Elektrosila'' din Leningrad să introducă o normă specială pentru vibraţii admisibile la prima turaţie critică.

Dacă o astfel de normă este adoptată, funcţionarea turboagregatului se consideră nesatisfăcătoare în cazul depăşirii acesteia, chiar dacă la turaţia de regim vibraţia lagărelor se încadrează în norme.

Ca o completare la cele de mai sus, trebuie menţionat că normele actuale ţin seama numai de amplitudinea vibraţiilor în funcţie de turaţie, neglijînd spectrul frecvenţelor vibraţiilor, deşi cunoaşterea acestuia poate fi foarte utilă în aprecierea comportării turboagregatului la vibraţii.

Această deficienţă este eliminată într-o oarecare măsură în normele germane VDI [4], care adoptă ca măsură de referinţă a vibraţiilor viteza acestora, v (mm/s).

Pentru vibraţiile armonice (adică pur sinusoidale) cu viteza vibraţiei,

$$v = V \cos\omega t,$$

parametrul care caracterizează vibraţia turboagregatului este amplitudinea V a vitezei vibraţiei.

În cazul unei forme complexe de vibraţii de frecvenţă diferită, ca criteriu de bază se alege amplitudinea vitezei vibraţiei echivalente armonice, adică $\sqrt{2} \times$ valoarea medie pătratică a vitezei vibraţiei, sau :

$$V_{ech} = \sqrt{\frac{2}{T}\int_0^T v^2(t)\,dt},$$

în care

T este perioada vibrației complexe;

$v(t)$ — valoarea instantanee a vitezei vibrației.

Dacă vibrația a fost înregistrată, amplitudinea V_{ech} poate fi calculată cu formula de mai sus. În caz contrar, ea poate fi măsurată, cu ajutorul unor aparate electrice adecvate, ca $\sqrt{2}$ × valoarea efectivă, adică:

$$V_{ech} = \sqrt{2} V_{ef}$$

Dacă vibrația măsurată este descompusă în componentele sale armonice, avînd frecvențele ciclice $\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_n$ și, corespunzător, amplitudinile vibrațiilor $A_1, A_2, \ldots, A_n$, atunci:

$$V_{ech} = \sqrt{A_1^2 \omega_1^2 + A_2^2 \omega_2^2 + \ldots + A_n^2 \omega_n^2}$$

sau

$$V_{ech} = \sqrt{V_1^2 + V_2^2 + \ldots + V_n^2},$$

în care $V_1, V_2, \ldots, V_n$ sînt valorile amplitudinilor vitezelor armonicilor componente ale vibrației.

În cazul bătăilor,

$$V_{ech} = \sqrt{\frac{V_{max}^2 + V_{min}^2}{2}}$$

în care V_{max} și V_{min} sînt valorile maximă și, respectiv, minimă ale amplitudinii vitezei vibrației.

Normele de vibrații VDI pentru lagărele turboagregatelor sînt prezentate grafic în figura 4.

După cum se observă, amplitudinea maximă admisibilă a vibrației A depinde de frecvență. Pentru frecvența de 50 Hz (3000 rot/min) corespund limitele indicate în tabelul 3.

Tabelul 3

V (respectiv, V_{ech}), mm/s	A (respectiv, A_{ech}), la 50 Hz, μm	Calificativul vibrației
		foarte bine pînă la bine
4,0	12,5	
		utilizabil
10,0	31,5	
		ameliorare de dorit pînă la necesar
25,0	80,0	
>25,0	>80,0	inadmisibil

Din figura 4 reiese clar că la frecvențe mai ridicate (evident, pentru aceeași valoare V) limitele admisibile ale amplitudinii vibrației scad, și invers.

Printre altele trebuie menționat că proiectul de standard internațional pentru valorile admisibile ale vibrațiilor are la bază normele VDI, considerate mai complete în raport cu alte norme existente.

Cu toate acestea, trebuie spus că pentru caracterizarea cît mai deplină a vibrațiilor turboagregatului este absolut necesar să se țină seama și de vibrațiile fundației sale. Rigiditatea dinamică scăzută a fundației duce la vibrații însemnate ale părții sale superioare. În același timp, sarcinile mari pe fundație, chiar în cazul rigidității sale corespunzătoare, conduc la vibrații ridicate.

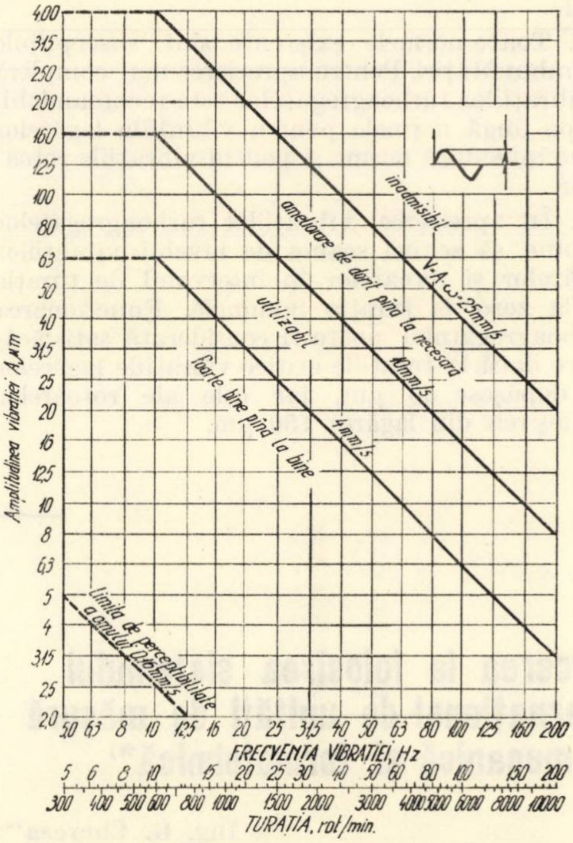


Fig. 4. Normele VDI pentru vibrațiile lagărelor turboagregatelor.

În literatura de specialitate [3] se recomandă drept criteriu de apreciere a vibrațiilor raportul dintre amplitudinea vibrației lagărelor și amplitudinea vibrației fundației. În general, pentru o fundație calculată și construită corect, amplitudinea vibrației elementelor sale constructive superioare nu trebuie să depășească 30—50% din amplitudinea vibrației lagărelor. În consecință, pentru agregatele cu 3000 rot/min amplitudinea vibrației fundației nu trebuie să depășească 15—25 μm.

Concluzii

1. În scopul ridicării siguranţei în funcţionare, vibraţiile turboagregatelor trebuie reduse la maximum posibil. Fiecare micron redus faţă de normele actuale înseamnă un plus de siguranţă în funcţionarea turboagregatului.

Pentru evitarea avariilor este interzisă cu desăvîrşire exploatarea turboagregatelor ale căror vibraţii depăşesc limitele maxime admisibile.

2. Toate normele existente sînt susceptibile de îmbunătăţiri. Pentru aprecierea mai completă a vibraţiilor turboagregatelor este recomandabil ca pe lîngă normele pentru vibraţiile lagărelor să se introducă norme şi pentru vibraţiile rotoarelor.

3. În aprecierea vibraţiilor turboagregatelor trebuie să se ţină seama de nivelul vibraţiilor lagărelor şi rotoarelor în intervalul de turaţie de la zero la turaţia nominală. Funcţionarea turboagregatului poate fi considerată satisfăcătoare dacă la turaţiile critice vibraţiile lagărelor nu depăşesc 50 μm, iar cele ale rotoarelor (la ieşirea din lagăre) 150 μm.

4. Pentru a avea o imagine completă a funcţionării turboagregatelor este de dorit să se introducă norme şi pentru vibraţiile fundaţiei.

5. Dacă aparatura din dotare permite măsurarea nemijlocită a vitezei vibraţiei este recomandabil ca vibraţiile turboagregatului să fie verificate şi după norma VDI.

Bibliografie

[1] Branovski, M. A., Lişiţîn, I. S. şi Sivkov, A.P. *Issledovanie i ustranenie vibraţii turboagregatov*. Izdatelstvo Energhiia, Moscova, 1969.

[2] Elkind, Iu. M. *Eksperimentalnoe issledovanie elektromehaniceskih protessov v sinhronnîh maşinah*. Gosudarstvennoe energheticeskoe izdatelstvo, Moscova, Leningrad, 1961.

[3] Abaşidze, A. I. *Dinamika fundamentov parovîh turbin*. Gosenergoizdat, 1960.

[4] * * * VDI Richtlinien 2056 *Beurteilungsmasstäbe für mecanische Schwingungen von Maschinen*, 1960.

[5] Salvage, H. *Vibration control of turbine generators*. Power, nr. 11, 1959.

[6] * * * STAS 6910–64.

[7] * * * GOST 5908–51.

(Articol intrat în redacţie la 12 noiembrie 1970)

Trecerea la folosirea sistemului internaţional de unităţi de măsură în mecanică şi termotehnică*)

Ing. G. Chercea**)

Preocuparea pentru adoptarea unui sistem internaţional de unităţi de măsură datează de foarte multă vreme şi se află încă departe de rezolvare. În momentul de faţă se folosesc sistemul tehnic şi sistemul internaţional de unităţi de măsură (SI). Se face abstracţie de sistemul britanic de unităţi de măsură, care nu este decît o paralelă a sistemului tehnic şi nu se încadrează în preocupările acestui articol.

Măsurarea unei mărimi de orice fel necesită alegerea unei mărimi de aceeaşi speţă drept unitate, adică drept standard de referinţă operaţia de măsurare constînd în compararea mărimii de măsurat cu unitatea aleasă. De aici rezultă că alegerea acestor unităţi ar putea fi arbitrară. De altfel, aşa s-a şi procedat în faza de început a fiecărei ştiinţe. Mai tîrziu s-a constatat că acest procedeu este incomod, întrucît în toate formulele care reprezintă legi fizice ar exista coeficienţi numerici. Atît din punctul de vedere al simplităţii formulelor, cît şi din punctul de vedere al dezvoltării cunoştinţelor, este preferabil ca anumite formule să nu conţină coeficienţi numerici, fapt care impune stabilirea anumitor condiţii de dependenţă la alegerea unităţilor şi, deci, la alcătuirea unui sistem de unităţi de măsură alese în mod arbitrar, denumite unităţi fundamentale şi unităţi derivate, definite cu ajutorul unităţilor fundamentale prin alegerea convenţională a anumitor formule.

Se consideră drept un postulat al fizicii faptul că toate fenomenele fizice pot fi exprimate, în ultimă analiză, în funcţie de elemente mecanice. Pentru a cuprinde şi fenomenele de mişcare, ar trebui să fie adoptate drept bază elemente de dinamică, legate de trei noţiuni fundamentale: *spaţiu*, *timp* şi *materie*.

---

*) Trecerea la folosirea sistemului internaţional de unităţi de măsură este legată de probleme foarte complexe. În acest articol autorul prezintă unele aspecte din domeniul mecanicii şi al termotehnicii. Redacţia invită pe această cale la o discuţie atît asupra domeniilor menţionate, cît şi asupra celorlalte domenii ce au contingenţe cu preocupările energetice.

**) Ing. George Chercea este cercetător ştiinţific principal la ICENERG.

Măsurarea spațiului și a timpului nu ridică probleme deosebite, însă măsurarea cantității de materie este mai dificilă, putînd fi legată de noțiunile de masă și de forță (greutate). Nu mai trebuie accentuat faptul că ambele sisteme de unități au la bază cele trei noțiuni enumerate mai sus; diferența principială dintre ele apare la exprimarea cantității de materie, sistemul tehnic adoptînd măsurarea cantității de materie prin greutatea acesteia, iar sistemul internațional prin masa ei. Noțiunea de masă este, evident, mai obiectivă, deoarece traduce cantitatea de materie în sine și, deci, este mai corectă folosirea ei decît a greutății, care este legată de poziția de pe glob.

Deci, din nefericire, același termen ,,kilogram'' este folosit pentru a denumi unitatea de masă în sistemul internațional și unitatea de forță în sistemul tehnic, adică două mărimi cu totul diferite.

Astfel, în sistemul internațional unitatea de masă este masa care la accelerația de 1 m/s^2 are greutatea de 1 kg, conform ecuației fundamentale a dinamicii. Rezultă că la accelerația normală a gravitației de 9,81 m/s^2 această masă cîntărește 9,81 kg și, deci, unitatea de masă a sistemului tehnic este de 9,81 ori mai mare decît unitatea de masă a sistemului internațional. De aici decurg dificultățile principiale de folosire a sistemului tehnic de unități în termotehnică. Mărimile specifice — cum ar fi: volumul specific, căldura specifică, entalpia etc. — sînt definite în fizica teoretică în raport cu unitatea de masă.

Dacă s-ar păstra acest mod de definire și în cazul folosirii sistemului tehnic de unități, valorile numerice ale mărimilor specifice ar fi de 9,81 ori mai mari decît valorile corespunzătoare exprimate într-un sistem absolut, avînd masa ca mărime fundamentală. Pentru a evita apariția factorului numeric 9,81 în formulele de definiție a mărimilor specifice, s-a convenit ca în termotehnică aceste mărimi să fie raportate nu la unitatea de masă, ci la greutatea unității de masă, deci la greutatea normală corespunzătoare accelerației normale a gravitației. Prin această convenție, mărimile specifice raportate la greutatea normală capătă valori numerice independente de poziția de pe glob și egale cu valorile numerice ale acelorași mărimi raportate la masă. Bineînțeles, din punct de vedere fizic convenția nu este pe deplin satisfăcătoare, întrucît unitatea de greutate, deci o forță, nu poate avea volum specific, căldură specifică etc., adică proprietăți pe care nu le poate avea decît materia, a cărei cantitate poate fi apreciată numai prin masă și nu prin forță. În realitate lucrurile stau ceva mai simplu, și anume: atunci cînd este vorba despre o anumită greutate dintr-un corp, se înțelege în mod tacit o anumită cantitate de materie din acel corp, și nu forța pe care o exercită corpul, deci raportarea mărimilor specifice la un kilogram revine la raportarea acestora la cantitatea de materie care cîntărește un kilogram, deci la unitatea de masă a unui sistem absolut. Prin urmare, folosind această cale ocolită și acest uz tacit, s-a putut rezolva cea mai importantă dificultate a folosirii sistemului tehnic de unități. Tot în legătură cu ideile enunțate, ar trebui arătat că valabilitatea convenției amintite rămîne în vigoare atîta timp cît accelerația gravitației are aceeași valoare în întregul sistem termodinamic considerat, deci în cazul studiului termodinamicii proceselor atmosferice se va acorda o atenție deosebită unităților de măsură.

Sistemul tehnic de unități de măsură mai prezintă un inconvenient care decurge, de asemenea, din alegerea forței ca mărime fundamentală în locul masei. Faptul este remarcat de Manițiu [1] și constă în aceea că accelerația gravitației poate fi întîlnită în expresii în care nu își are locul, de exemplu în expresia inerției unui volant, și lipsește în expresiile în care ar fi trebuit să apară, cum ar fi expresia energiei unei căderi de apă.

Este cazul stabilirii unor concluzii preliminare, și anume: utilitatea trecerii la folosirea unui sistem de unități avînd drept mărime fundamentală masa și necesitatea adoptării a două denumiri diferite pentru unitățile de forță și masă, în cazul continuării folosirii sistemului tehnic de unități. Totodată, trebuie făcută remarca importantă că eventuala victimă a unor confuzii nu poate fi decît o persoană neavizată asupra sensului celor arătate mai sus.

În spiritul acestor concluzii preliminare s-a și acționat în ultimul timp. Astfel, R.D.G. și R.F.G. au adoptat pentru unitatea de forță denumirea de ,,kilopond'', iar alte țări, printre care și România, denumirea de ,,kilogram-forță''. Această soluție nu rezolvă contradicțiile de principiu legate de folosirea sistemului tehnic de unități, ci doar elimină posibilitatea unor confuzii între unitățile de forță și de masă, fapt de altfel foarte important.

Soluția adoptată în momentul de față drept ,,sistem internațional de unități de măsură'' reprezintă o dezvoltare a sistemului MKSA raționalizat, propus de G. Giorgi, care a fost completat, devenind sistemul MKSAKC (metru, kilogram-masă, secundă, amper, grad Kelvin, candelă) [2]. Se poate observa că pe lîngă cele trei mărimi fundamentale — lungime, masă și timp — au fost asociate drept fundamentale încă trei mărimi: intensitatea curentului electric, temperatura absolută și intensitatea luminii. Conform sistemului internațional, unitățile pentru măsurarea principalelor mărimi din mecanică şi termotehnică vor fi următoarele:

— lungime: metru

— timp: secundă

— masă: kilogram

— forţă: Newton; 1 N = 0,10197 kgf;

— presiune: Newton pe metru pătrat; 1 N/m² = 0,10197 kgf/m² = 1,0197 · 10^{-5} kgf/cm² (at);

— lucru mecanic, energie, cantitate de căldură: Joule; 1 J = 0,10197 kgfm = 2,3885 · 10^{-4} kcal = 2,778 · 10^{-7} kWh = 3,7767 · 10^{-7} CPh;

— putere: Watt; 1 W = 0,10197 kgm/s = = 0,859834 kcal/h.

În urma unei examinări succinte a acestor relaţii de transformare, rezultă cîteva concluzii importante:

a) Unitatea de forţă, 1 N, este prea mică şi din această cauză se poate considera ca foarte probabilă folosirea multiplului: 1 daN $\simeq$ 1,02 kgf.

b) Unitatea de presiune, 1 N/m², este şi ea mult prea mică, 1 N/m² = 0,10197 mm H_2O, şi din această cauză este foarte probabilă folosirea multiplului: 1 bar = 10^5 N/m² $\simeq$ 1,02 kgf/cm².

c) Unitatea de energie şi cea calorică sînt şi ele mici, deci şi în acest caz este foarte posibilă folosirea unui multiplu: 1 kJ $\simeq$ 0,239 kcal.

d) Unitatea de putere are o valoare acceptabilă numai în cazul exprimării coeficienţilor de transmitere a căldurii: 1 W/m² grd = = 0,86 kcal/m² h grad. În rest se poate considera ca sigură folosirea multiplului 1 kW, ca şi pînă în prezent.

Dacă se acceptă drept criteriu al perfecţiunii unui sistem de unităţi posibilitatea de a folosi, în marea majoritate a problemelor tehnice, unităţile simple şi nu multiplii sau submultiplii acestora, rezultă că, din acest punct de vedere, noul sistem de unităţi SI este departe de perfecţiune, chiar cu mult mai departe decît vechiul sistem.

Trecînd foarte uşor peste acest inconvenient şi folosind sistemul internaţional de unităţi de măsură, apar două consecinţe principale:

— Modificarea completă a cifrelor de control şi a ordinelor de mărime ale diferitelor valori întîlnite în practica inginerească, neajuns care nu poate fi uşor neglijat.

— Modificarea structurii unor formule de calcul care conţineau acceleraţia gravitaţiei. Pentru a ilustra această ultimă consecinţă, se prezintă în continuare trei cazuri:

1. Viteza de ieşire dintr-un ajutaj:

— în sistemul tehnic:

$$c = \sqrt{\frac{2g}{A}(i_1 - i_2)} = 91{,}5\sqrt{h_0} \quad [\mathrm{m/s}]$$

$$\left[\sqrt{\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\cdot\frac{\mathrm{m\,kg}}{\mathrm{kcal}}\cdot\frac{\mathrm{kcal}}{\mathrm{kg}}} = \sqrt{\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}} = \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right]$$

— în sistemul internaţional:

$$c = \sqrt{2\,(i_1 - i_2)} = \sqrt{2\,h_0} \quad [\mathrm{m/s}]$$

$$\left[\sqrt{\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg}}} = \sqrt{\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}} = \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right]$$

2. Pierderea de presiune prin frecare la curgerea unui fluid într-o conductă:

— în sistemul tehnic:

$$\Delta p = \lambda\frac{L}{d}\cdot\frac{w^2\rho}{2\,g}$$

$$\left[\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{m}}\cdot\frac{\mathrm{m}^2\cdot\mathrm{kg}\cdot\mathrm{s}^2}{\mathrm{s}^2\cdot\mathrm{m}^3\cdot\mathrm{m}} = \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^2}\right]$$

— în sistemul internaţional:

$$\Delta p = \lambda\frac{L}{d}\cdot\frac{w^2\rho}{2}$$

$$\left[\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{m}}\cdot\frac{\mathrm{m}^2\cdot\mathrm{kg}}{\mathrm{s}^2\cdot\mathrm{m}^3} = \frac{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2\cdot\mathrm{m}^2} = \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}^2}\right]$$

3. Puterea necesară antrenării unei pompe:

— în sistemul tehnic:

$$N = \frac{V\cdot\Delta p}{102\,\eta_p}$$

$$\left[\frac{\mathrm{m}^3\cdot\mathrm{kg}\cdot\mathrm{kWs}}{\mathrm{s}\cdot\mathrm{m}^2\cdot\mathrm{kgm}} = \mathrm{kW}\right]$$

— în sistemul internaţional:

$$N = \frac{V\cdot\Delta p}{\eta_p}$$

$$\left[\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{s}}\cdot\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}^2} = \frac{\mathrm{Nm}}{\mathrm{s}} = \mathrm{W}\right].$$

Din aceste exemple rezultă că, prin trecerea la folosirea sistemului internaţional de unităţi, formulele de calcul suferă modificări sensibile, fapt care poate constitui o sursă de erori. Formulele de calcul sînt puse la dispoziţia inginerului şi studentului în literatura tehnică de specialitate, deci nu este lipsit de interes un tur de orizont asupra acestei literaturi.

Se pare că prima lucrare publicată care a introdus sistemul internaţional de unităţi în termotehnică este cartea lui W. Traupel despre turbomaşini termice [3]. Ulterior au apărut şi alte cărţi tehnice care folosesc sistemul internaţional de unităţi. Pe arii de preocupări, examinarea literaturii tehnice se prezintă astfel:

a) *Mecanica şi rezistenţa materialelor*. Se pare că, în acest domeniu, singura carte care foloseşte sistemul SI este traducerea în limba franceză a lucrării lui Timoşenko [4]. Unităţile folosite sînt: 1 bar pentru eforturi şi 1 daN pentru forţe. Culegerea de probleme de rezistenţa materialelor scrisă de colectivul condus de prof. Buzdugan [5] foloseşte sistemul tehnic.

b) *Transmiterea căldurii.* Literatura foarte bogată din acest domeniu poate fi considerată complet „conservatoare”. Atît lucrarea publicată în limba română de prof. Ştefănescu [6], cît şi lucrările publicate în străinătate, cum ar fi cele scrise de Mc Adams (traducere în limba franceză) [7], Schack [8] şi Mikheiev [9], folosesc sistemul tehnic de unităţi de măsură. Singura carte înrudită cu acest domeniu, care foloseşte sistemul internaţional, este cea publicată în limba română de prof. Vlădea [10] despre instalaţiile şi utilajele termice.

c) *Cazane de abur.* În acest domeniu, folosirea sistemului tehnic de unităţi este exclusivă. Lucrările scrise de Stîrikovici [11], Ledinegg [12] şi prof. Gheorghiu [13] folosesc doar sistemul tehnic de unităţi.

d) *Turbine cu abur.* Cărţile nou apărute în domeniul turbinelor cu abur folosesc, în general , noul sistem de unităţi. Aceasta se poate vedea în cărţile scrise de Scegliaev [14], Jiriţki [15] şi prof. Grecu [16]. O soluţie aparte, dar incorectă, şi anume folosirea simultană a două unităţi din sisteme diferite — bar şi kilocalorie —, este adoptată de Vivier [17].

e) *Centrale termoelectrice.* Cărţile româneşti apărute recent în acest domeniu, cum sînt lucrările scrise de colectivul condus de prof. Dinculescu [18] şi de prof. Stăncescu [19], folosesc sistemul tehnic de unităţi. Acelaşi sistem este folosit şi de Gheltman [20], Rîjkin [21] şi Knizia [22]. Proiectantul de centrale termoelectrice poate găsi datele necesare întocmirii proiectului în lucrarea lui Schröder [23], care foloseşte sistemul tehnic de unităţi. Se pare că singura lucrare din acest domeniu, în care se foloseşte sistemul internaţional, este cartea scrisă de Levai (traducere în limba germană) [24], fapt care, conform celor arătate în prefaţă, poate fi explicat ca o dorinţă expresă a editurii.

În urma acestei analize succinte, rezultă că folosirea sistemului internaţional de unităţi este departe de a fi generalizată şi, în plus, nu se observă nici o tendinţă de generalizare. La aceasta se mai adaugă o dificultate foarte serioasă, şi anume lipsa unor manuale inginereşti care să cuprindă formule şi valori de constante fizice exprimate în sistemul internaţional. Astfel, în ultima ediţie a cunoscutului memorator Dubbel [25] se folosesc unităţile din sistemul tehnic. Este adevărat că în momentul de faţă există tabele de abur cu valori exprimate în sistemul SI, dar nu se dispune de diagrame $i-s$ de dimensiuni mari, fără de care proiectarea turbinelor cu abur este practic imposibilă. Prin urmare, trecerea imediată la folosirea sistemului SI în proiectare va fi foarte dificilă.

Dificultăţi mari apar şi în exploatare. Ar putea fi citată lipsa manometrelor gradate în „bar”, a tahometrelor gradate în „rad/s”, a debitmetrelor gradate în „kg/s” etc. La acest mare neajuns se adaugă şi greutăţile legate de urmărirea funcţionării instalaţiilor, cum ar fi, de exemplu: determinarea puterii calorice a combustibilului în „kJ/kg” sau stabilirea consumului specific de căldură al unei centrale termoelectrice în „kJ/kWh”.

Toate cele arătate conduc la concluzia că trecerea la folosirea sistemului de unităţi SI nu poate fi făcută într-un timp scurt, fiind necesară o lungă perioadă de tranziţie, iar aplicarea practică cere multă atenţie.

Bibliografie

[1] Maniţiu, E. *Termodinamica.* Bucureşti. 1948.

[2] Hahnemann, H. W. *Die Umstellung auf das internationale Einheitsystem in Mechanik und Wärmetechnik.* VDI Verlag, Düsseldorf, 1964.

[3] Traupel, W. *Termische Turbomaschinen.* Band I & II. Springer Verlag, Berlin, 1958, 1962.

[4] Timoschenko, S. *Résistance des matériaux.* Béranger, Paris, 1963.

[5] Buzdugan Gh. *Rezistenţa materialelor.* Culegere de probleme. Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1969.

[6] Ştefănescu, D. şi Grünwald, B. *Transmisia căldurii şi dinamica gazelor.* Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1965.

[7] McAdams, W. H. *Transmission de la chaleur.* Dunod, Paris, 1964.

[8] Schack A. *Der industrielle Wärmeübergang.* Verlag Stahleisen, Düsseldorf, 1969.

[9] Mikheiev, M. *Fundamentals of heat transfer.* Mir Publishers, Moscova, 1968.

[10] Vlădea, I. *Instalaţii şi utilaje termice.* Editura tehnică, Bucureşti, 1966.

[11] Stîrikovici, M. A., Katkovskaia, K. I. şi Serov, E. P. *Parogheneratori elektrostanţii.* Energhiia, Moscova, 1966.

[12] Ledinegg, M. *Dampferzeugung.* Springer Verlag, Wien, 1966.

[13] Gheorghiu, S. *Cazane de abur.* Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1966.

[14] Scegliaev, A. V. *Parovie turbini.* Energhiia, Moscova, 1967.

[15] Jiriţki, G. S. şi Strunkin, V. A. *Konstrukţiia i rasciot na procinosti detalei parovih i gazovih turbin.* Maşinostroenie, Moscova, 1968.

[16] Grecu, T. *Turbine şi turbocompresoare.* Vol. I. Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1967.

[17] Vivier, L. *Turbines à vapeur et à gaz.* Albin Michel, Paris, 1965.

[18] Dinculescu, C., Dănilă, N. şi Pimsner, V. *Analiza termodinamică a schemelor centralelor electrice.* Editura Academiei R. S. R., Bucureşti, 1967.

[19] Stăncescu, I. D. *Bazele tehnice şi economice ale termoficării.* Editura tehnică, Bucureşti, 1967.

[20] Gheltman, A. E., Budniatki, A. M. şi Apatovski, L. E. *Blocinie kondensaţionnie elektrostanţii bolşoi moşcinosti.* Energhiia, Moscova, 1967.

[21] Rîjkin, V. I. *Teplovie elektriceskie stanţii.* Energhiia, Moscova, 1967.

[22] Knizia, K. *Die Termodynamik des Dampfkraftprozesses.* Springer Verlag, Berlin, 1966.

[23] Schröder K. *Grosse Dampfkraftwerke.* Springer Verlag, Berlin, 1960, 1962, 1964, 1967.

[24] Levai, A. *Maschinentechnische Einrichtungen der Wärmekraftwerke.* Band I & II. VEB Deutscher Verlag für Graundstoffindustrie, Leipzig, 1966, 1968.

[25] * * * *Dubbels Taschenbuch für den Maschinenbau.* Springer Verlag, Berlin, 1966.

(Articol intrat în redacţie la 16 iulie 1970)

Analiza perspectivelor de dezvoltare a reţelelor de înaltă şi medie tensiune din oraşul Ploieşti

Ing. **Ş. Tarnavschi** şi ing. **M. Trandafir** *)

Într-o lucrare anterioară [1] s-a prezentat în principiu metodologia adoptată în ISPE pentru studiul reţelelor urbane de înaltă şi medie tensiune.

Prima aplicaţie practică a constituit-o un studiu referitor la oraşul Ploieşti, care a urmărit să determine caracteristicile tehnicoeconomice ale unui ansamblu de soluţii raţional posibile, în vederea fundamentării unor decizii privind dezvoltarea în perspectivă a reţelelor de distribuţie la înaltă şi medie tensiune [4].

În cele ce urmează se prezintă, sub aspectul unui exemplu de aplicare concretă a metodei descrise în [1], modul de abordare a problemelor, elementele concrete luate în consideraţie şi principalele rezultate obţinute.

1. Situaţia actuală a oraşului. Previziuni privind dezvoltarea urbanistică

Suprafaţa totală a zonei locuibile delimitate în prezent este de circa 14,7 km^2, în care se include şi o porţiune de teren din partea de sud-vest a oraşului, ocupată de depozite, mici întreprinderi etc., care urmează a fi desfiinţate. Marile întreprinderi, adică cei mai importanţi consumatori de energie electrică, formează zone industriale amplasate în părţile de sud, est şi nord ale oraşului, iar cîteva în partea de vest.

Populaţia totală actuală a Ploieştiului este de 153 mii locuitori, cu o densitate medie de 10,4 mii loc./km^2. Perimetrul locuibil poate fi împărţit în cinci zone, avînd fiecare o distribuţie a construcţiilor de locuinţe şi o densitate a locuitorilor relativ uniforme (fig. 1). Nu s-au luat în considerare cîteva cartiere mai îndepărtate, care, deşi din punct de vedere administrativ fac parte din oraş, sînt despărţite de zonele de locuit principale prin întreprinderi industriale ce ocupă suprafeţe de teren importante şi reprezintă mari consumatori de energie electrică. Din acest motiv, la stabilirea principiilor privind soluţiile de distribuţie pentru zonele principale de locuinţe, consumurile acestor cartiere au fost neglijate (cazul cartierelor Moţoi, Bărcăneşti, Buda, Ploieşti-Vest II, Mimiu).

În prezent, în zona I predomină regimul construcţiilor de locuinţe în blocuri. În rest se întîlnesc încă aspecte caracteristice unor oraşe vechi din ţara noastră [2], cu zone de locuinţe întinse excesiv, cu clădiri joase şi densitate mică a populaţiei. Acţiunea de sistematizare a oraşului continuă, în prima etapă fiind prevăzută realizarea în partea de vest (zona II) a unui cartier nou de locuinţe în blocuri.

Informaţiile privind evoluţia sistematizării oraşului au un grad de incertitudine cu atît mai mare, cu cît perioada la care se referă este mai lungă. Acest lucru este justificat datorită faptului că însăşi acţiunea de sistematizare trebuie corelată în permanenţă cu o serie de factori din cadrul general al dezvoltării complexe a oraşului, factori care la rîndul lor nu pot fi cunoscuţi în prezent decît cu un anumit grad de incertitudine. Cu această rezervă trebuie privite preliminările privind evoluţia populaţiei (tabelul 1).

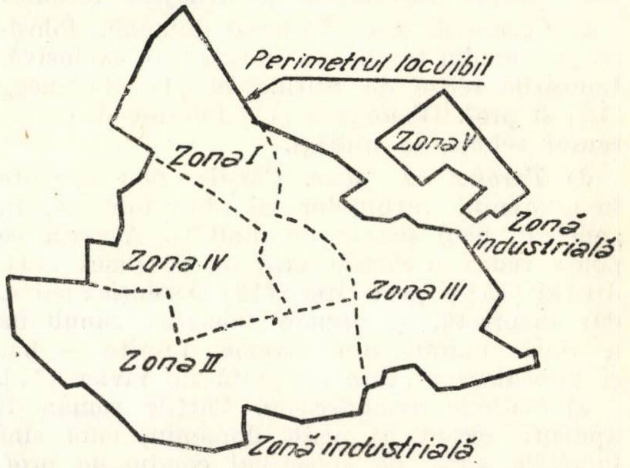


Fig. 1. Perimetrul locuibil şi împărţirea pe zone a oraşului Ploieşti.

Tabelul 1

Zona	Populaţia, mii locuitori		
	1970	1980	2000
I	48,6	53,4	64,5
II	44,5	71,8	95,0
III	34,8	47,0	74,4
IV	20,1	23,7	37,4
V	3,6	5,5	8,7
Total	151,6	201,4	280,0

2. Prognoza consumului

Din examinarea datelor referitoare la situaţia actuală şi la evoluţia în timp (pe o perioadă trecută) a puterilor maxime absorbite, pe categorii de consumatori, rezultă perioade de dublare medii de circa 6,2 ani pentru consumul casnic, edilitar şi al micilor consumatori, de 4,5 ani pentru marii consumatori şi, respectiv, de 5 ani pentru consumul total pe oraş.

---

*) Şerban Tarnavschi este inginer proiectant la ISPE, iar ing. Margareta Trandafir este şef colectiv proiectare la IRE Ploieşti.

Plecînd de la evoluţia trecută a consumatorilor urbani, în lipsa unei metodologii riguroase de prognoză aplicabilă fiecărui oraş în parte, s-a apreciat pentru următorii 30 de ani o creştere a consumului urban înfăţişată în tabelul 2.

Tabelul 2

Anul	0(1970)	10(1980)	30(2000)
Consum, MVA	28,12	83,54	470
Perioadă de dublare, ani		circa 7 ani	circa 8,3 ani

Se observă că perioadele de dublare luate în consideraţie pentru perspectivă sînt din ce în ce mai mari în raport cu cele înregistrate în trecut (viteză de creştere din ce în ce mai mică).

Defalcarea consumului urban pe cele cinci zone ale perimetrului considerat s-a efectuat prin admiterea unei încărcări proporţionale cu numărul de locuitori. Un argument în favoarea procedeului utilizat a fost acela că în zonele cu densitate mare a populaţiei există un grad mai mare de acoperire a terenului cu locuinţe, reţeaua edilitară este mai dezvoltată etc.

3. Situaţia actuală a alimentării cu energie electrică a oraşului

Consumul urban este asigurat în prezent de staţia 110/35/6 kV Ploieşti-Nord şi de staţia 35/6 kV Ploieşti-Sud. Ambele staţii sînt de tip mixt, alimentînd o serie de consumatori industriali, capacitatea de distribuţie în zona urbană fiind din acest motiv limitată la următoarele valori aproximative:

— staţia Ploieşti-Nord : 18 MVA ;.

— staţia Ploieşti-Sud : 13,5 MVA.

Reţeaua de distribuţie la MT are tensiunea nominală de 6 kV. Ca rezultat al suprapunerii succesive a diverselor principii de dezvoltare, în prezent ea are o structură relativ „dezordonată", care nu poate fi încadrată în nici una din structurile „clasice" cunoscute din literatura de specialitate. Se poate reţine, totuşi, ultima tendinţă din studiile întocmite în 1962, respectiv cea de trecere la o schemă generală cu puncte de alimentare (PA) şi rezervă reciprocă în caz de avarie, în special în partea de nord-vest a oraşului, unde s-a construit un cartier nou de locuinţe.

Din analiza datelor referitoare la situaţia reţelelor de medie tensiune de pe teritoriul oraşului, rezultă că în prezent cablurile cu secţiuni de 3 × 120 mm^2 Al (3 × 95 m^2 Cu) şi mai mari reprezintă, ca lungime, circa 63% din totalul reţelei şi au o vechime de maximum 10 ani, în marea lor majoritate fiind instalate în ultimii ani. De asemenea, din cablurile cu secţiuni de 3 × 95 mm^2 Al, un procent de circa 6% faţă de totalul reţelei de cabluri existente în anul „0" are o vechime de maximum 10 ani. În ceea ce priveşte cablurile cu secţiune mică (sub 3 × 50 mm^2 Al), cele mai multe (peste 92%) au o vechime mai mare de 30 de ani.

Reţeaua de fideri a apărut după anul 1950 şi în prezent are lungimea totală de circa 33 km, secţiunea predominantă (81,6%) fiind de 3×2× × 150 mm^2 Al.

4. Ipoteze avute în vedere la eşalonarea staţiilor de injecţie

Stabilirea variantelor de eşalonare a noilor staţii de injecţie a fost făcută conform celor indicate în [1].

Din analiza evoluţiei în trecut a consumurilor de energie electrică, se observă că valorile absolute ale consumurilor casnice, edilitare şi ale micilor consumatori erau mici atît în raport cu consumul industrial, cît şi cu capacităţile de distribuţie ale staţiilor de injecţie. Astfel, apărea normal ca soluţiile de dezvoltare a reţelelor electrice din oraşe să fie dictate în primul rînd de dezvoltarea marilor consumatori; distribuţia la consumatorii casnici, edilitari şi micii consumatori era „racordată" la soluţia generală de alimentare a oraşului, soluţie care avea în vedere în primul rînd necesităţile consumatorilor industriali.

Examinînd consumurile urbane atinse în prezent şi prognoza acestora, rezultă creşteri importante şi în intervale de timp relativ scurte, creşteri comparabile cu puterile uzuale ale staţiilor de injecţie. Avînd în vedere gruparea teritorială a consumurilor industriale şi urbane, precum şi pretenţiile diferite în ceea ce priveşte condiţiile de alimentare, pentru noile staţii de injecţie necesare în viitor s-a luat în consideraţie ipoteza generală a separării celor două categorii de consumatori încă de la nivelul treptei de înaltă tensiune.

Asupra utilizării viitoare pentru distribuţia urbană a staţiilor existente au fost avute în vedere următoarele :

— Staţia Ploieşti-Sud va fi separată în anul „10" de reţeaua urbană, urmînd să alimenteze în exclusivitate consumul industrial. Astfel, s-a ţinut seama de satisfacerea creşterii ulterioare a consumului industrial din zona respectivă de la barele staţiei existente. Amplasamentul şi situaţia actuală permit o recuperare aproape integrală a distribuitoarelor prin care staţia alimentează reţeaua urbană. De asemenea, prin separarea staţiei se vor evita şocurile de tensiune care apar în prezent în reţeaua urbană din cauza cuptoarelor Uzinei 1 Mai.

— Staţia Ploieşti-Nord se va menţine în continuare, la capacitatea existentă, ca sursă pentru reţeaua urbană; o soluţie inversă (separarea staţiei de reţeaua urbană) ar implica abandonarea unei importante cantităţi de cabluri de medie tensiune, pozate recent, cu secţiuni de 3 × 120 mm² Al şi 3 × 150 mm² Al.

5. Soluţii examinate

Au fost examinate în principiu două scheme cu distribuţie directă (fig. 2 *a* şi *b*) şi o schemă cu puncte de alimentare (fig. 2 *c*).

În cazul schemelor cu distribuţie directă de tip *a* şi *b* au fost analizate toate combinaţiile posibile prin modificarea următorilor parametri:

— tensiunea nominală la MT: 6 kV; 10 kV şi 20 kV;

— secţiunea unitară a distribuitoarelor de MT: 3 × 120 mm² Al şi 3 × 150 mm² Al;

— puterea nominală a transformatoarelor de ÎT/MT: 25 MVA şi 40 MVA;

— amplasamentul staţiilor de ÎT/MT: în interiorul zonei urbane sau periferic.

În cazul schemei cu PA s-au analizat soluţii de 6 kV şi 10 kV, distribuitoare de 3 × 120 mm² Al şi fideri de 3 × 3 × 150 mm² Al.

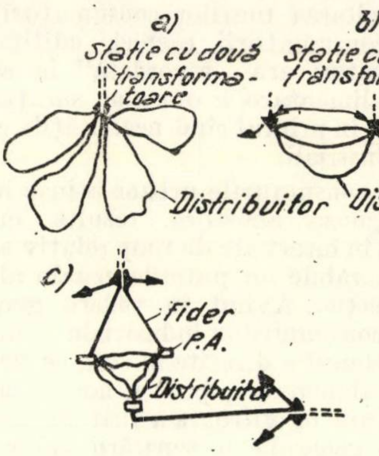


Fig. 2. Scheme de principiu pentru distribuţia la MT.

Fiecare dintre cele trei scheme considerate asigură continuitatea în alimentare în ipoteza căderii unui element de reţea, după izolarea prin comutaţii a elementului avariat.

Pentru toate soluţiile analizate au fost prevăzute măsurile necesare în vederea limitării puterilor de scurtcircuit.

6. Simularea soluţiilor

La simularea variantelor s-a avut în vedere creşterea viitoare accentuată a consumului urban în zona de vest, precum şi situaţia actuală a reţelelor de pe teritoriul oraşului.

În prezent există o reţea de 6 kV relativ dezvoltată, de construcţie recentă, pentru distribuţie prin PA în centrul şi în partea de nord a oraşului, respectiv distribuţie directă în partea de sud; în partea de vest reţeaua de 6 kV este slab dezvoltată.

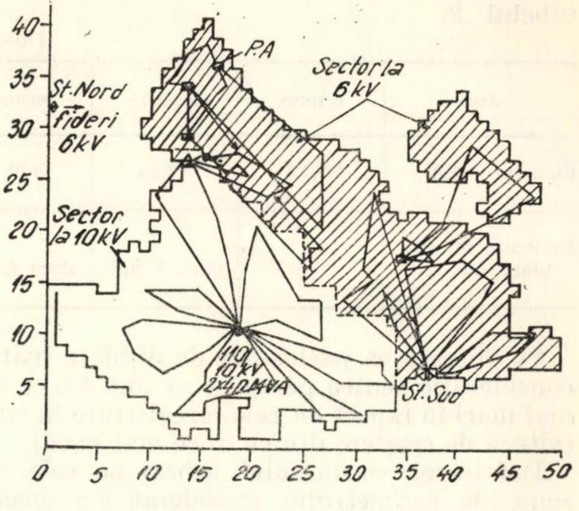


Fig. 3. Trecere la 10 kV în varianta cu distribuţie directă şi racord adînc. Situaţia din anul „5".

Conform ipotezei luate în consideraţie, referitoare la modul de utilizare în viitor a staţiilor existente, rezultă că prin creşterea densităţii de suprafaţă a sarcinii dimensiunile teritoriului urban alimentat din staţiile Nord şi Sud se vor reduce treptat. Concomitent, teritoriul alimentat din noile staţii urbane (care vor apărea ca urmare a creşterii consumului) se va extinde din ce în ce mai mult.

S-a considerat în principiu, pentru toate variantele de dezvoltare de 6 kV sau 10 kV, existenţa unei zone „nesistematizate" în partea de est a oraşului, alimentată la 6 kV din staţiile existente, zonă al cărei perimetru se restrînge treptat înspre nord. Sistematizarea reţelei de medie tensiune începe, în diversele variante, cu zona de vest şi se dezvoltă o dată cu realizarea noilor staţii urbane şi cu mărirea teritoriului alimentat de acestea (fig. 3).

În variantele la 20 kV s-a avut în vedere realizarea unei reţele noi, suprapusă peste reţeaua existentă [3]. S-a ţinut seama că sarcinile existente în anul „0" vor fi alimentate în continuare la 6 kV, iar noile sarcini care vor apărea în cadrul perioadei de calcul vor fi alimentate prin noua reţea de 20 kV (fig. 4).

În ceea ce priveşte modul de alimentare din sistem a staţiilor de 110 kV/MT, în toate variantele prima staţie a fost racordată prin linie aeriană la staţia Brazi (continuată prin cablu de 110 kV pe teritoriul locuibil în variantele cu staţii amplasate în interiorul zonei urbane); în continuare, s-a luat în consideraţie ipoteza realizării treptate a unui inel de linii la 110 kV, comun pentru consumatorii urbani şi industriali, inel la care vor fi racordate toate staţiile urbane care vor mai apărea (fig. 5).

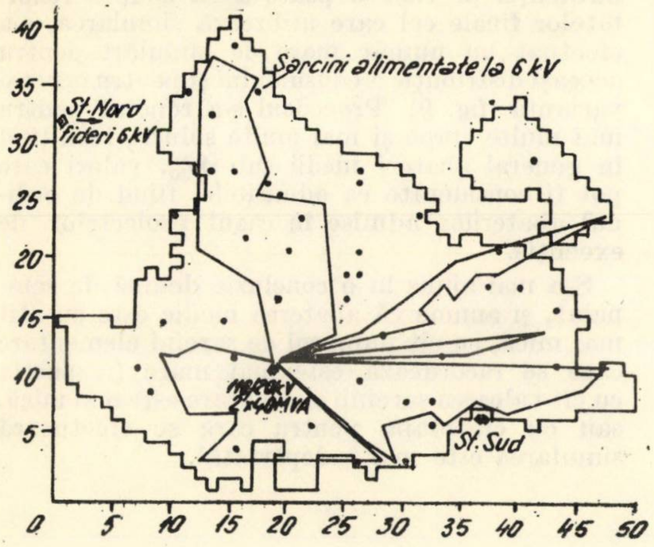


Fig. 4. Dezvoltarea reţelei la 20 kV prin suprapunere peste reţeaua existentă de 6 kV. Situaţia din anul „5".

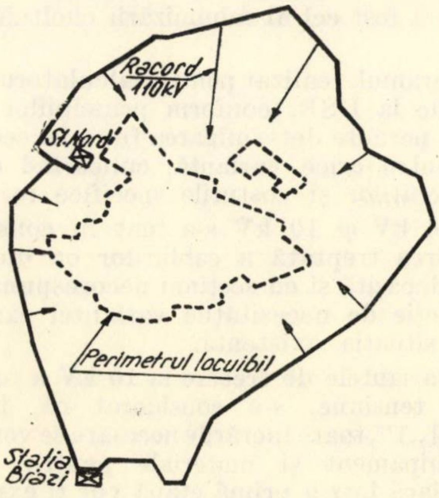


Fig. 5. Planul inelului de 110 kV.

Deşi selecţia variantelor s-a făcut pe baza analizei economice, se consideră interesantă prezentarea cîtorva rezultate ale simulărilor efectuate.

Din examinarea comparativă a soluţiilor, care diferă numai prin capacităţi de transport diferite ale distribuitoarelor (prin modificarea secţiunii sau a tensiunii de lucru) a rezultat că prin mărirea capacităţii de transport se obţine o reducere a ritmului necesar de dezvoltare a reţelelor mai mică decît raportul capacităţilor. De exemplu, prin trecerea reţelelor de medie tensiune de la 6 kV la 10 kV, capacitatea distribuitoarelor creşte, la aceeaşi secţiune, cu 44%; lungimea totală necesară scade însă numai cu circa 30%.

Aceasta se explică prin faptul că, indiferent de capacitatea distribuitoarelor, amplasamentul sarcinilor în reţeaua de medie tensiune rămînînd acelaşi, se impun o serie de trasee obligatorii (şi ca lungime), ceea ce diminuează efectul măririi capacităţii liniilor; în principal, avantajul se realizează pe seama micşorării numărului (respectiv a lungimii) racordurilor între sursă (staţie de injecţie) şi sarcinile urbane, sau, cu alte cuvinte, pe seama reducerii numărului de plecări din staţii.

În legătură cu efectul majorării tensiunii de distribuţie la medie tensiune, rezultatele au arătat (fig. 6 şi 7) că:

— În cazul trecerii reţelei existente la 10 kV, rezultă ca necesar un ritm de creştere a lungimii totale în mod permanent mai scăzut decît în cazul menţinerii tensiunii de 6 kV.

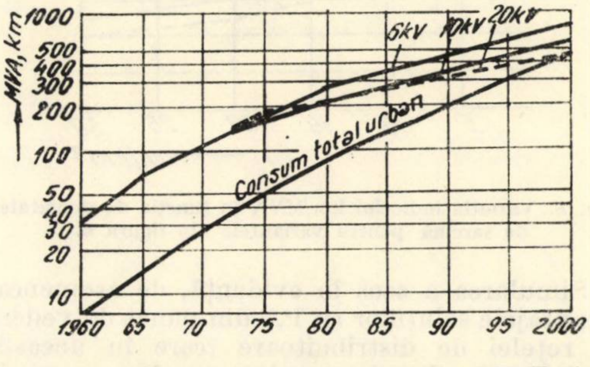


Fig. 6. Dezvoltarea reţelei de distribuţie la MT. Evoluţie realizată în perioada 1960—1970 şi preliminată pentru perioada 1971—2000, în trei variante de tensiuni cu staţii tip racord adînc 1 × 40 MVA şi distribuţie directă.

— În cazul introducerii tensiunii de 20 kV, în primii cinci ani ritmul de creştere pentru lungimea totală a reţelei de medie tensiune va fi cel mai ridicat; în următorii cinci ani (1976—1980), ritmul va scădea rapid, ajungîndu-se ca în

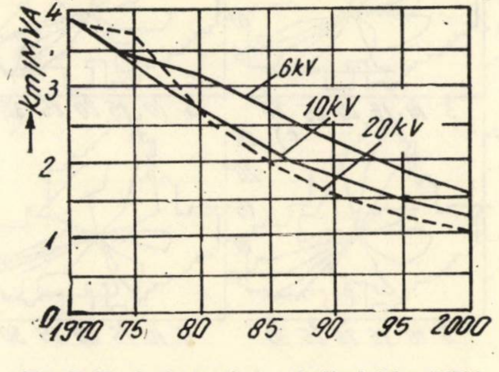


Fig. 7. Evoluţia în timp a indicelui km/MVA pentru variantele din figura 6.

1980 lungimea necesară pentru cazul utilizării reţelei de 20 kV, suprapusă peste cea existentă de 6 kV (total 6 kV + 20 kV), să fie egală cu lungimea totală necesară în cazul trecerii reţelei existente la 10 kV; în continuare, ritmul de dezvoltare a reţelei de medie tensiune la 20 kV va fi cel mai scăzut (în comparaţie cu 6 kV şi 10 kV).

Din curbele prezentate în figurile 6 şi 7 se poate deduce o concluzie generală importantă, şi anume că avantajele introducerii unei tensiuni superioare în reţeaua de distribuţie apar cu atît mai repede şi sînt cu atît mai mari, cu cît densitatea de sarcină creşte mai rapid (fig. 8).

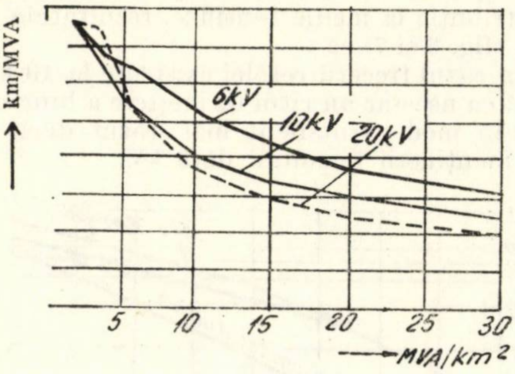


Fig. 8. Variaţia indicelui km/MVA în funcţie de densitatea de sarcină pentru variantele din figura 6.

Simularea a scos în evidenţă, de asemenea, avantajele soluţiilor cu PA din punct de vedere al reţelei de distribuitoare (care în această variantă are lungimea minimă), dar a permis în acelaşi timp să se evalueze şi efortul important necesar dezvoltării reţelei de fideri. De asemenea, s-au scos în evidenţă avantajele soluţiilor cu staţii amplasate în interiorul zonei de consum, în comparaţie cu soluţiile cu staţii amplasate la periferie.

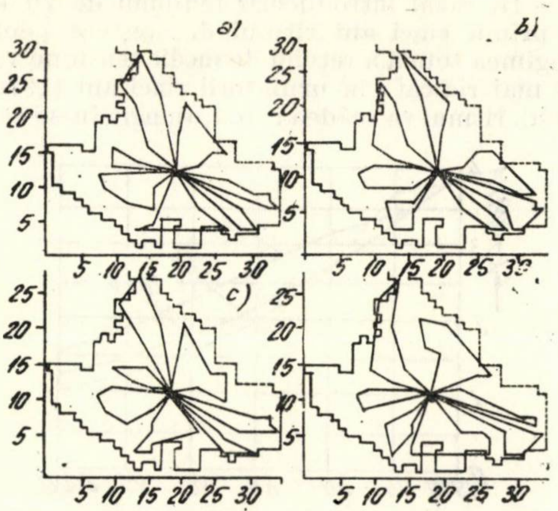


Fig. 9. Diverse posibilităţi de simulare a unei variante de distribuţie la MT.

Se reaminteşte că simularea variantelor se efectuează grafic, iar traseele se stabilesc într-un mod analog celui utilizat în practica de proiectare [1], metoda lăsînd o anumită libertate celui care conduce studiul. În vederea stabilirii influenţei pe care o poate avea asupra rezultatelor finale cel care utilizează simularea, s-a efectuat un număr mare de simulări pentru aceeaşi distribuţie a consumului şi pentru aceeaşi variantă (fig. 9). Procedeul s-a repetat pentru mai multe etape şi mai multe soluţii, rezultînd în general abateri medii sub 4%, valori care pot fi considerate ca admisibile, fiind de ordinul abaterilor admise în cazul proiectelor de execuţie.

S-a mai ajuns la o concluzie demnă de semnalat, şi anume că abaterea medie este cu atît mai mică, cu cît numărul de sarcini elementare care se racordează este mai mare (respectiv cu cît valoarea sarcinii elementare este mai mică, sau cu cît etapa pentru care se efectuează simularea este mai îndepărtată).

7. Calculul tehnico-economic

Criteriul economic de comparare avut în vedere a fost cel al minimizării cheltuielilor de calcul.

Programul, realizat pentru calculatorul Elliott 4120 de la DSE, conform principiilor expuse în [1], permite determinarea funcţiei economice (Z) pentru orice variantă, cunoscînd eşalonarea lucrărilor şi costurile specifice respective.

La 6 kV şi 10 kV s-a luat în consideraţie înlocuirea treptată a cablurilor cu durată de viaţă depăşită şi cu secţiuni necorespunzătoare, în funcţie de necesităţile variantei examinate şi de situaţia existentă.

În variantele de trecere la 10 kV a reţelei de medie tensiune, s-a considerat că, începînd cu anul „1", toate lucrările necesare se vor realiza cu echipament şi materiale pentru 10 kV, chiar dacă într-o primă etapă vor fi exploatate la 6 kV. În ceea ce priveşte cheltuielile suplimentare necesare trecerii reţelei de 6 kV la 10 kV, în lipsa unei analize detaliate pentru cazul concret al oraşului Ploieşti, analiză care ar fi necesitat un volum mare de măsurători pentru determinarea şi evaluarea cît mai exactă a materialelor şi echipamentelor care trebuie înlocuite, în calcule s-au parametrizat cheltuielile de trecere la 10 kV şi s-a urmărit determinarea valorii critice (maxime) pînă la care trecerea la 10 kV rezultă ca avantajoasă.

Rezultatele calculelor efectuate au arătat ca fiind mai avantajoase următoarele soluţii:

— indiferent de tensiunea reţelei de MT, soluţiile cu staţii de ÎT/MT, amplasate în interiorul zonei urbane (tip racord adînc);

— pentru reţeaua de MT, schema cu distribuţie directă (fără PA);

— secţiunea distribuitoarelor de MT, în variantele examinate la 6 kV şi 10 kV de 3 × × 150 mm² Al (secţiunea maximă luată în consideraţie); la 20 kV, soluţiile cu distribuitoare de 3 × 120 mm² Al au rezultat practic echivalente cu soluţiile la 3 × 150 mm² Al;

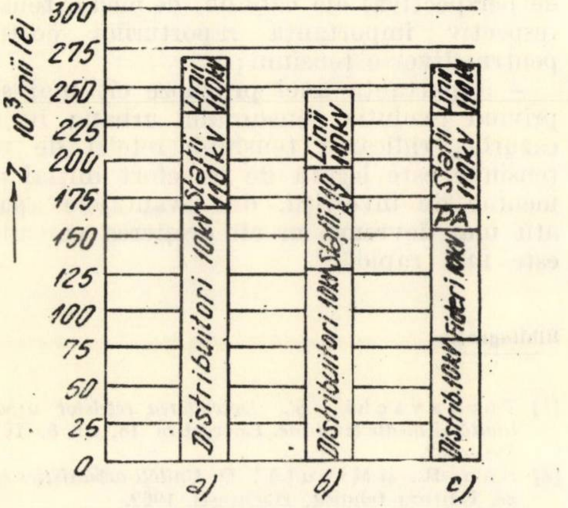


Fig. 10. Comparaţii economice între trei variante la 10 kV, staţii de 40 MVA şi distribuitoare 3 × 150 mm² Al în schemele cu distribuţie directă, respectiv 3×120 mm² Al în schema cu PA:

a – distribuţie directă şi staţii la exteriorul zonei urbane; *b* – idem, cu staţii în interiorul zonei urbane (racord adînc); *c* – staţii la exterior (periferice) şi distribuţie prin PA.

— puterea nominală-plafon a transformatoarelor din staţiile de ÎT/MT, de 40 MVA.

Din considerente tehnice, pentru prima staţie de ÎT/MT care se va realiza în etapa următoare s-a adoptat soluţia cu două transformatoare. Pentru staţiile care se vor realiza ulterior a rezultat ca mai avantajoasă soluţia cu un transformator (cu rezervă prin MT pe staţiile alăturate).

Soluţiile cu PA au rezultat mai dezavantajoase atît la 6 kV, cît şi la 10 kV, faţă de soluţiile cu racord adînc şi distribuţie directă; soluţiile cu PA au rezultat practic echivalente cu soluţiile de distribuţie directă şi staţii periferice (fig. 10).

Avantajul soluţiilor cu distribuţie directă şi racord adînc este cu atît mai mare, cu cît raportul dintre costul specific al racordului de 110 kV (mii lei/km) şi cel al cablului de medie tensiune este mai mic.

În ceea ce priveşte alegerea tensiunii de perspectivă pentru reţeaua urbană de medie tensiune a oraşului Ploieşti, analiza a ţinut seama de posibilitatea utilizării unei game variate de tipuri constructive de cabluri, de provenienţă indigenă sau din import; în cursul calculelor s-au parametrizat costurile specifice ale cablurilor de medie tensiune, urmărindu-se efectul variaţiei acestora asupra funcţiei economice. Rezultatele obţinute au permis să se construiască o serie de diagrame de felul celor din figurile 11 şi 12. Din examinarea acestora rezultă că trecerea reţelei de 6 kV la o tensiune superioară este cu atît mai avantajoasă, cu cît costul cablului la noua tensiune este mai

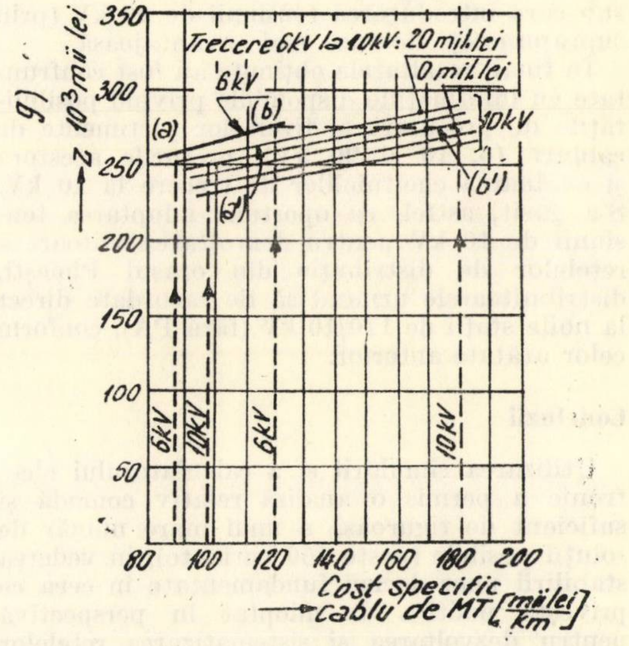


Fig. 11. Variaţia funcţiei economice pentru soluţiile cu racord adînc 40 MVA la 6 kV şi 10 kV, 3 × 150 mm² Al, în funcţie de costul specific al cablului de MT şi de cheltuielile de trecere la 10 kV a reţelei existente de 6 kV. Exemplu de citire a curbelor: pentru o ipoteză de costuri ale cablului de 6 kV şi 10 kV, funcţia *z* la 6 kV corespunde punctului (*a*). Soluţia de trecere la 10 kV este mai economică, dacă cheltuielile de trecere nu depăşesc 20 milioane lei; pentru altă ipoteză de costuri ale cablurilor, rezultă în acelaşi fel o altă valoare maximă a cheltuielilor de trecere, sub care trecerea la 10 kV este avantajoasă (punctele *b* şi *b'*).

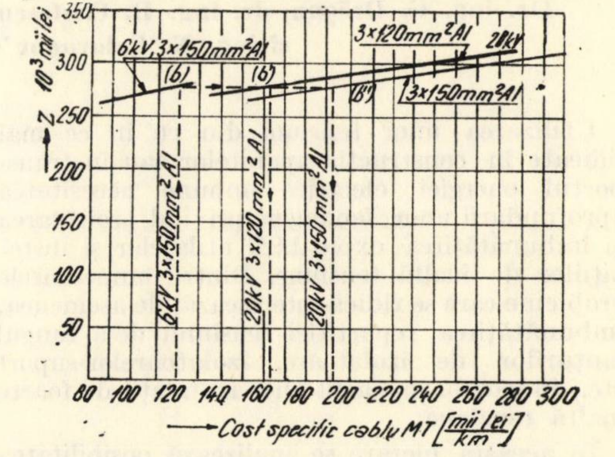


Fig. 12. Variaţia funcţiei economice pentru soluţiile la 6 kV şi 20 kV, în raport cu costul specific al cablului de MT. Exemplu de citire a curbelor: pentru 6 kV, cablul costă 120 mii lei/km; realizarea unei reţele suprapuse la 20 kV se justifică economic pentru costuri ale cablului de 20 kV sub 162 mii lei/km la secţiunea de 3 × 120 mm² Al, respectiv 192 mii lei/km la secţiunea de 3 × 150 mm² Al.

apropiat de cel al cablului de 6 kV. Pentru costuri date ale cablurilor de 6 kV și 10 kV, se poate determina valoarea maximă a cheltuielilor de trecere pînă la care trecerea la 10 kV este economic mai avantajoasă. De asemenea, pentru un cost dat al cablului de 6 kV rezultă valoarea maximă a costului cablului de 20 kV sub care introducerea tensiunii de 20 kV (prin suprapunere) devine mai avantajoasă.

În final, rezultatele obținute au fost confruntate cu informațiile disponibile privind posibilitățile de procurare a diverselor sortimente de cabluri (6, 10 și 20 kV), prețurile acestora și evaluarea cheltuielilor de trecere la 10 kV. S-a găsit, astfel, ca oportună adoptarea tensiunii de 10 kV pentru dezvoltarea viitoare a rețelelor de distribuție din orașul Ploiești, distribuitoarele urmînd să fie racordate direct la noile stații de 110/10 kV (fără PA), conform celor arătate anterior.

Concluzii

Utilizarea simulării și a calculatorului electronic a permis o analiză relativ comodă și suficient de riguroasă a unui mare număr de soluții posibile (peste 150 variante), în vederea stabilirii unor decizii fundamentate în ceea ce privește politica de adoptat în perspectivă pentru dezvoltarea și sistematizarea rețelelor de medie și înaltă tensiune din orașul Ploiești.

În direcția îmbunătățirii generale a metodelor de planificare, în special în legătură cu deciziile privind tensiunea de perspectivă în rețeaua de medie tensiune, procedeul a scos în evidență următoarele:

— importanța unor informații cît mai complete privind costurile specifice (actuale și de perspectivă) ale cablului de medie tensiune, respectiv importanța raporturilor costurilor pentru diverse tensiuni;

— importanța unei prognoze cît mai sigure privind evoluția consumului urban; în toate cazurile, ridicarea tensiunii rețelei de medie tensiune este legată de un efort inițial suplimentar de investiții, dar avantajele apar cu atît mai devreme cu cît creșterea consumului este mai rapidă.

Bibliografie

[1] Tarnavschi, Ș. *Dezvoltarea rețelelor urbane de înaltă și medie tensiune.* Energetica 18, nr. 8, 1970, p. 358—362.

[2] Rău, R. și Mihuță, D. *Unități urbanistice complexe.* Editura tehnică, București, 1969.

[3] Bouvier, H. M., Barrier, J., Emeyriat A. și Guittet, J. *Application de la méthode d'apparition aléatoire des charges.* RGE nr. 4, 1966, p. 536—553.

[4] Saphier, I. și Topală, E. *Investițiile și calculul economic.* Editura științifică, București, 1969.

(Articol intrat în redacție la 22 iunie 1970)

◆

Optimizarea repartiției tensiunii de-a lungul unui circuit cu capacități

Dr. ing. **G. Drăgan**, dr. ing. **D. Cristescu**
și ing. **N. Golovanov***)

Utilizarea unor tensiuni din ce în ce mai ridicate în construcția aparatelor sau în transportul energiei electrice impune necesitatea aprofundarii unor fenomene privind proiectarea și îmbunătățirea exploatării utilajelor și instalațiilor de înaltă tensiune. Dintre numeroasele probleme care se ridică interesează, de asemenea, îmbunătățirea repartiției tensiunii de-a lungul lanțurilor de izolatoare, izolatoarelor-suport etc., îndeosebi în cazul unor instalații de foarte înaltă tensiune.

În această lucrare se analizează posibilitatea îmbunătățirii repartiției tensiunii de-a lungul unui circuit format din condensatoare în serie prin alegerea judicioasă a armăturii de protecție. Relațiile deduse se exemplifică pentru cazul lanțurilor de izolatoare de 110, 220 și 400 kV.

Influența armăturii de protecție asupra repartiției tensiunii

Schema echivalentă a unui lanț de izolatoare al unui izolator-suport format din mai multe izolatoare este dată în figura 1, în care C reprezintă capacitatea unui izolator, C_1 — capacitatea dintre armăturile izolatoarelor și masă, iar C_2 — capacitatea dintre armăturile izolatoarelor și conductorul sub tensiune.

În ipoteza că numărul capacităților C este suficient de mare și că valoarea capacităților C, C_1, respectiv C_2, este aceeași pentru fiecare element, căderea de tensiune în procente pe elementul k al circuitului este dată [1], [2], [3] în:

$$\Delta U_k\% = \frac{100}{(C_1+C_2)\,\mathrm{sh}\,na}\{C_1[\mathrm{sh}\,ak - \mathrm{sh}\,a(k-1)] - C_2[\mathrm{sh}\,a(n-k) - \mathrm{sh}\,a(n-k+1)]\}. \tag{1}$$

---

*) Dr. ing. Gleb Drăgan este profesor, dr. ing. Dorin Cristescu este conferențiar, iar ing. Nicolae Golovanov este șef de lucrări la Institutul Politehnic București.

în care

$$a = \sqrt{\frac{C_1 + C_2}{C}}\,. \qquad (2)$$

În relaţia de mai sus s-a presupus că valoarea capacităţii C_1, respectiv C_2, este aceeaşi în tot lungul circuitului. În cazul în care se consideră o variaţie liniară, repartiţia tensiunii este dată de funcţii Bessel de argument imaginar (4). Repartiţia tensiunii nefiind uniformă, se poate determina valoarea capacităţilor C_2 pentru ca această repartiţie să fie cît mai uniformă. În acest scop este necesar ca raportul dintre căderea de tensiune minimă şi căderea de tensiune maximă,

$$\eta = \frac{\Delta U_{min}}{\Delta U_{max}}, \qquad (3)$$

să fie cît mai mare.

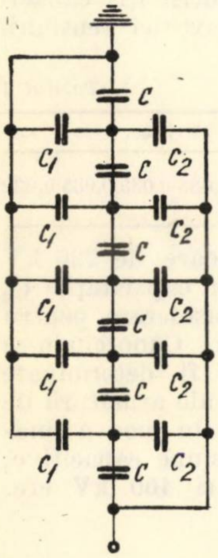


Fig. 1

Deoarece la instalaţiile de înaltă şi foarte înaltă tensiune numărul de elemente este suficient de mare, circuitul considerat se poate echivala cu un circuit cu parametri uniform distribuiţi. Potenţialul U_x este:

$$U_x = A_1 e^{a'x} + A_2 e^{-a'x} + \frac{C_2'}{C_1' + C_2'}\, u_0, \qquad (4)$$

în care pentru mărimile notate cu (′) s-a luat valoarea lor lineică.

Constantele A_1 şi A_2 se exprimă prin expresiile:

$$A_1 = \frac{C_1' + C_2' e^{-a'l}}{2\,(C_1' + C_2')\ \mathrm{sh}\ a'l}\, u_0;$$
$$A_2 = -\frac{C_1' + C_2'\, e^{a'l}}{2(C_1' + C_2')\,\mathrm{sh}\ a'l}\, u_0. \qquad (5)$$

După cum rezultă din aceste relaţii, s-a presupus că circuitului i se aplică o tensiune-treaptă de amplitudine U_0.

Din relaţia (4), luînd $\frac{d^2\,ux}{dx^2} = 0$, se obţine:

$$x_{min} = \frac{1}{2\,a'} \ln\left(-\frac{A_2}{A_1}\right). \qquad (6)$$

Avînd în vedere că

$$\frac{\mathrm{d}u_x}{\mathrm{d}x} = A_1\, a'\, e^{a'x} - A_2\, a'\, e^{-a'x}, \qquad (7)$$

rezultă:

$$\left(\frac{\mathrm{d}u_x}{\mathrm{d}x}\right)_{max} = A_1 a'\, e^{a'l} - A_2\, a' e^{-a'l}. \qquad (8)$$

Înlocuind în relaţia (7) valoarea lui x_{min}, dată în relaţia (6), se obţine:

$$\left(\frac{\mathrm{d}u_x}{\mathrm{d}x}\right)_{min} = 2a'\sqrt{-A_1\, A_2}, \qquad (9)$$

de unde

$$\eta = \frac{2a'\sqrt{-A_1\, A_2}}{A_1 e^{a'l} - A_2\, e^{-a'l}}, \qquad (10)$$

sau

$$\eta = \frac{\sqrt{C_1'^2 + C_2'^2 + 2C_1'C_2'\mathrm{ch}\ a'l}}{2(C_2' + C_1'\mathrm{ch}\ a'l)}. \qquad (11)$$

Din condiţia

$$\frac{\mathrm{d}\eta}{\mathrm{d}C_2'} = 0 \qquad (12)$$

rezultă valoarea pe care trebuie s-o aibă C_2' pentru ca raportul η să fie maxim; această valoare se determină din:

$$C_2'\, l\ \mathrm{ch}\ a'l + C_1'l - 2\ a'C'\ \mathrm{sh}\ a'l = 0. \qquad (13)$$

Pentru un lanţ de izolatoare cu n elemente se poate scrie:

$$C_2' = \frac{n}{l}\, C_2; \quad C_1' = \frac{n}{l}\, C_1; \quad C' = \frac{l}{n}\, C;$$

$$a' = \frac{n}{l}\, a,$$

de unde relaţia (13), după unele transformări, devine:

$$n\,\frac{C_2}{C} + n\,\frac{C_1}{C\mathrm{ch}\ an} = 2a\ \mathrm{th}\ na. \qquad (14)$$

Luînd în considerare că

$$\frac{C_2}{C} = a^2 - \frac{C_1}{C}$$

şi adoptînd notaţiile: $z = an$; $\lambda = n^2\varepsilon$; $\varepsilon = \frac{C_1}{C}$,

se obţine ecuaţia:

$$z^2 - \lambda + \frac{\lambda}{\mathrm{ch}\ z} = 2z\ \mathrm{th}\ z, \qquad (15)$$

a cărei rezolvare se face grafic prin reprezentarea funcţiilor:

$$y_1 = z(z - 2\mathrm{th}\ z);$$
$$y_2 = \lambda\left(1 - \frac{1}{\mathrm{ch}\ z}\right). \qquad (16)$$

În figura 2 se indică modul de rezolvare pe cale grafică a ecuaţiei (15). Cunoscîndu-se valoarea lui z, se determină valoarea capacității C_2, pentru care se obține o repartiție optimă a tensiunii de-a lungul lanțului de izolatoare sau divizorului capacitiv.

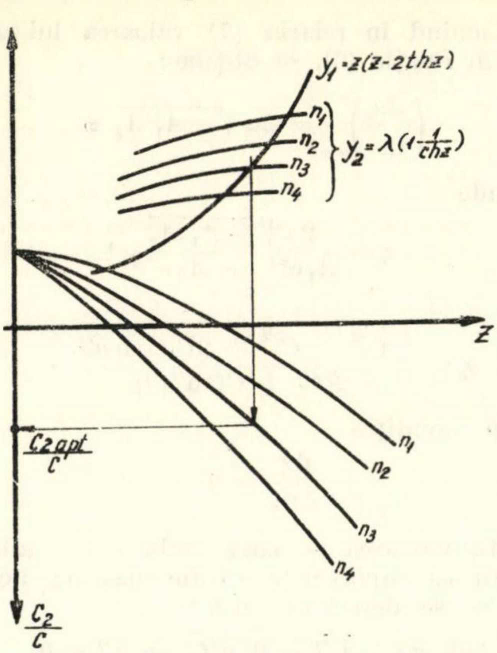


Fig. 2

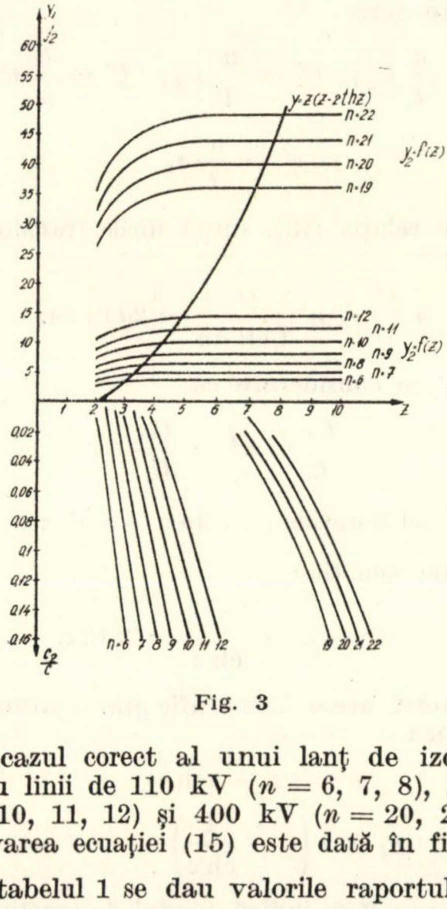


Fig. 3

În cazul corect al unui lanț de izolatoare pentru linii de 110 kV ($n = 6, 7, 8$), 220 kV ($n = 10, 11, 12$) și 400 kV ($n = 20, 21, 22$), rezolvarea ecuației (15) este dată în figura 3.

În tabelul 1 se dau valorile raportului $\frac{C_2}{C}$, care asigură o repartiție optimă pentru lanțurile de izolatoare considerate $\left(\frac{C_1}{C} = 0{,}1\right)$.

Din datele menționate în tabelul 1 rezultă că în cazul lanțurilor de izolatoare de 110 kV valorile obținute pentru capacitățile C_2 sînt prea mari pentru a putea fi realizate în practică; în consecință, în acest caz, contribuția capacității C_2 la uniformizarea repartiției tensiunii este mai mică.

Tabelul 1

n	6	7	8	10	11	12	19	20	21	22
$\frac{C_2}{C}$	0,155	0,127	0,107	0,084	0,08	0,067	0,038	0,038	0,035	0,032

În cazul lanțurilor de izolatoare de 220 kV și 400 kV, se determină pentru capacitățile C_2 valorile care pot fi luate în considerare pentru optimizarea repartiției tensiunii. Cunoscîndu-se valoarea capacității C_2, pot fi determinate forma și dimensiunile necesare ale armăturii de protecție. Problema se rezolvă în mod asemănător pentru divizoare de tensiune capacitive, izolatoare-suport de 220 kV și 400 kV etc.

Concluzii

Din analiza relațiilor și a datelor obținute rezultă următoarele:

— Datorită capacităților față de masă și față de armătura de protecție, repartiția tensiunii de-a lungul circuitelor cu capacități este neuniformă.

— Prin alegerea convenabilă a valorii capacităților C_2 față de armătura de protecție și, în consecință, printr-o construcție corespunzătoare a armăturii de protecție, se optimizează repartiția tensiunii de-a lungul unui circuit cu capacități.

— Calculele efectuate arată că în cazul izolațiilor de 110 kV contribuția armăturii de protecție asupra îmbunătățirii repartiției tensiunii este redusă.

— În cazul izolațiilor de 220 kV și 400 kV valorile necesare ale capacităților C_2 pentru optimizarea repartiției tensiunii sînt realizabile în practică; pe baza acestor valori pot fi alese forma și dimensiunile corespunzătoare ale armăturii de protecție.

Bibliografie

[1] Bercovici, M. și Arie, A. *Rețele electrice. Calcul mecanic.* Editura tehnică, București, 1963.

[2] Schumann, W. și Prinz, H. *Fortschritte der Hochspannungstechnik.* Akademische Verlagasgesellschaft, Leipzig 1964.

[3] Hortopan, Gh. *Tehnica impulsului în laboratorul de înaltă tensiune.* Editura tehnică, București, 1965.

[4] Drăgan, G., Cristescu, D. și Golovanov, N. *Repartiția tensiunii de-a lungul unui circuit cu capacități.* Lucrare prezentată la simpozionul „Analiza și sinteza rețelelor electrice". București, octombrie 1967.

(Articol intrat în redacție la 19 octombrie 1970)

Instalație statică reglabilă de putere reactivă *)

Conf. dr. ing. **A. I. Poeată**, ing. **Gh. I. Cîrțină** și ing. **Gh. V. Alexandrescu** **)

O dată cu dezvoltarea rapidă a sistemului electroenergetic, creșterea necesarului de putere reactivă ridică din ce în ce mai mult problema compensării acestei puteri în scopul micșorării pierderilor active și a căderilor de tensiune, al creșterii capacității de transport a instalațiilor etc. În prezent condensatoarele se folosesc pe scară largă pentru producerea puterii reactive și se întrevede, pentru viitor, că ele vor reprezenta principala sursă de putere reactivă a sistemelor energetice. Astăzi, în România, din totalul mijloacelor de compensare a puterii reactive condensatoarele reprezintă peste 60% [3].

Bateriile de condensatoare instalate în derivație la consumatori necesită, de regulă, un număr de trepte de reglare în funcție de graficul sarcinii reactive. În unele cazuri, cînd graficul de sarcină reactivă prezintă variații rapide și neregulate, apare necesitatea utilizării unui număr mare de trepte de reglare. Pe lîngă scumpirea instalației, aceste baterii ridică probleme speciale privind aparatajul de manevră și fenomenele tranzitorii ce apar în timpul comutărilor. Cea mai dificilă situație apare la anclanșarea unei baterii la o rețea în care funcționează deja altă baterie; în acest caz curentul tranzitoriu se poate ridica la peste 100 de ori curentul nominal al bateriei anclanșate. Asemenea curenți, datorită eforturilor electrodinamice pe care le provoacă, pun în pericol întrerupătorul grupei, legăturile la condensatoare și echipamentul rețelei.

Dezavantajele enumerate nu apar la folosirea compensatoarelor sincrone, însă utilizarea acestora ca sursă de putere reactivă este neeconomică în cazul puterilor mici și mijlocii.

În aceste condiții este justificată orientarea cercetărilor [1] spre realizarea unor surse statice de putere reactivă cu reglaj continuu. Sursa de putere reactivă care este analizată în prezenta lucrare se situează pe linia acestor preocupări.

Sursa statică de putere reactivă prezentată în figura 1 este formată dintr-o baterie de condensatoare și un reactor reglabil. Bateria de condensatoare este astfel aleasă, încît să poată acoperi, în măsura gradului de compensare optim, atît consumul de putere reactivă al sarcinii, cît și consumul de putere reactivă la mers în gol al reactorului (mult mai mic în comparație cu primul).

Cînd curentul reactiv de sarcină este maxim, punctul de funcționare al reactorului aflîndu-se încă în partea liniară a caracteristicii de magnetizare, curentul absorbit de acesta este foarte mic. În măsura în care curentul reactiv al sarcinii va scădea (potrivit graficului de sarcină reactivă al consumatorului), va trebui să crească curentul absorbit de partea reglabilă a sursei, lucru ce se obține prin creșterea curentului continuu de comandă. Cînd sarcina reactivă atinge valoarea minimă, curentul absorbit de reactor trebuie să fie maxim.

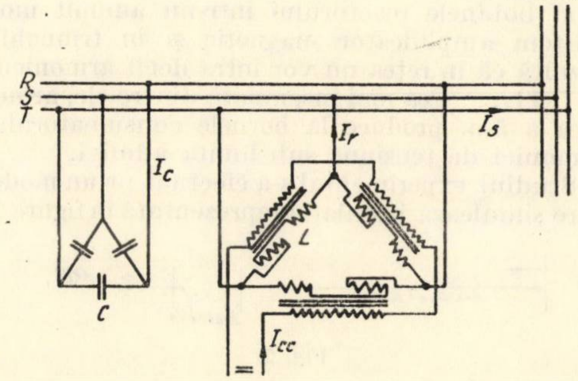


Fig. 1

Pentru aprecierea conținutului de armonici introduse în rețea de reactorul comandat se aproximează curba de magnetizare a acestuia printr-un polinom de forma [2]:

$$i_L(\varphi) = K_1\,\varphi + K_3\,\varphi^3 + K_5\,\varphi^5. \quad (1)$$

Notînd

$$i = I\cdot y \text{ și } \varphi = \psi\cdot x, \quad (2)$$

în care I și ψ sînt mărimi de bază oarecare pentru curent și flux, relația (1) devine:

$$y = a_1\cdot x + a_3\cdot x^3 + a_5\cdot x^5 \quad (3)$$

În ultima relație, coeficienții a_1, a_3 și a_5 sînt funcții de curentul continuu de comandă. Ei se calculează cu ajutorul curbelor de magnetizare obținute pe cale experimentală pentru diferiți curenți de comandă. Considerînd tensiunea aplicată bobinei de formă sinusoidală, fluxul va rezulta tot de formă sinusoidală:

$$u = \sqrt{2}\,U \sin \omega t \text{ și } \varphi = \sqrt{2}\,\psi \cos \omega t. \quad (4)$$

Dacă în relația (3) se ține seama de (2) și (4), aceasta devine:

$$y = (1{,}41a_1 + 2{,}13a_3 + 3{,}55a_5) \cos \omega t + (0{,}7a_3 + 1{,}75a_5) \cos 3\omega t + 0{,}35a_5 \cos 5\omega t, \quad (5)$$

---

*) Această lucrare a fost comunicată la sesiunea din mai 1970 a Universității din Craiova.

**) Autorii lucrează în cadul Facultății de electrotehnică a Institutului politehnic din Iași.

sau

$$y = \sqrt{2}\, I_1 \cos \omega t + \sqrt{2}\, I_3 \cos 3\omega t + \sqrt{2}\, I_5 \cos 5\omega t. \qquad (5')$$

Cu ajutorul relaţiilor (5) şi (5') se pot determina amplitudinile armonicilor de curent corespunzătoare fiecărui curent de comandă. Conectînd bobinele reactorului într-un anumit mod (sistem amplificator magnetic şi în triunghi), rezultă că în reţea nu vor intra decît armonicile 5, 7, 11,... Cea mai însemnată dintre ele, armonica a 5-a, produce la bornele consumatorului armonici de tensiune sub limita admisă.

Studiul experimental s-a efectuat pe un model care simulează instalaţia reprezentată în figura 2.

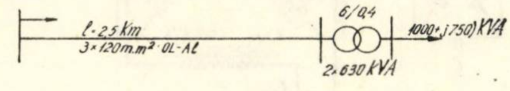


Fig. 2

Condiţiile de funcţionare ale consumatorului impun ca la sarcina reactivă maximă de 750 kVar instalaţia de compensare să furnizeze 450 kVar. Reactorul, cuplat în derivaţie cu bateria de condensatoare, absoarbe o putere reactivă care variază între o valoare minimă (puterea de mers în gol) şi valoarea maximă de 450 kVar. La variaţia puterii reactive a receptorului între 300 şi 750 kVar, puterea reactivă absorbită de reactor variază, practic, de la zero pînă la valoarea maximă de 450 kVar. Modelul nodului de sarcină are următoarele caracteristici : tensiunea nodului 380 V ; puterea reactivă maximă a receptorului 6,58 kVar ; bateria de condensatoare conectată în triunghi 3 × 30 μF ; reactorul reglabil are puterea maximă de 4,2 kVA şi curentul de mers în gol 2 %. S-a trasat experimental variaţia curentului de comandă în funcţie de curentul de sarcină reactiv şi în funcţie de curentul absorbit de reactor (fig. 3). Se observă că dependenţa curentului continuu de curentul reactiv de sarcină este aproximativ liniară, fapt care uşurează realizarea dispozitivului de comandă.

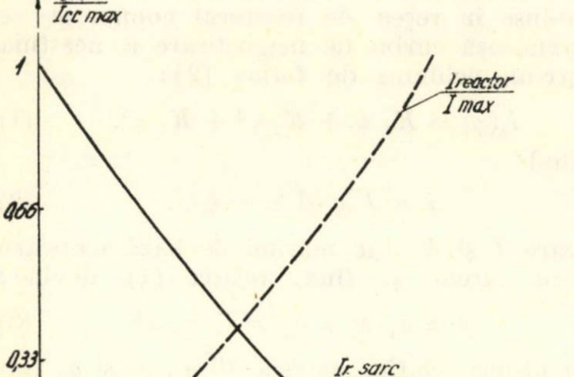


Fig. 3

Pentru modelul prezentat s-a trasat variaţia coeficienţilor a_1, a_3 şi a_5 în funcţie de curentul de comandă (fig. 4). Aceste curbe au permis calculul armonicilor de curent pentru diferiţi curenţi de comandă, respectiv curenţi de sarcină (tabelul 1). De menţionat că, deşi la curent continuu maxim valoarea armonicii a 5-a este relativ mare, armonica corespunzătoare de tensiune are o valoare mică (sub 2 %).

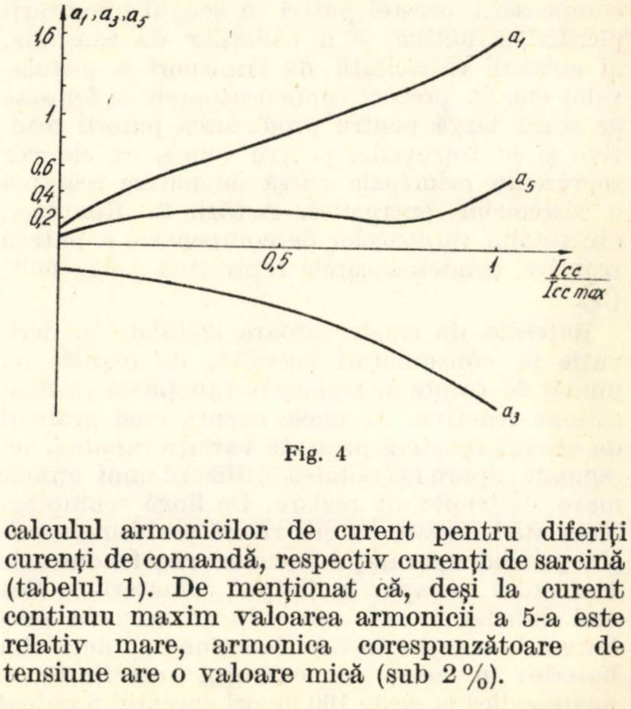


Fig. 4

Tabelul 1

I_{cc}	$\sqrt{2}\, I_1$	$\sqrt{2}\, I_3$	$\sqrt{2}\, I_5$
0	0,223	0,068	0,024
0,36	0,575	0,085	0,069
0,75	0,825	0,003	0,067
1	1,32	0,127	0,149

S-a întocmit un calcul de proiectare pentru un reactor de 450 kVA necesar reglării unei baterii de aceeaşi putere. Reactorul proiectat are următoarele caracteristici, rezultate din calcul : $S_n = 450$ kVA ; $i_0 = 2\ \%$; pierderi active : la gol 1,4 kW, la sarcina maximă în înfăşurările de lucru 5 kW, în înfăşurările de comandă 1,8 kW ; pierderile totale la sarcina maximă reprezintă 1,8 din puterea nominală.

Dacă receptorul de putere reactivă necesită un reglaj continuu, instalaţia de compensare studiată satisface din punct de vedre tehnic această cerinţă. În acest caz justificarea ei economică trebuie făcută în comparaţie cu utilizarea compensatorului sincron sau cu alt mijloc de reglare continuă [1].

În cazul în care compensarea este satisfăcătoare folosind o baterie de condensatoare cu un număr mare de trepte de reglare (în literatură se indică o instalație cu 10—12 trepte) [3], sursa reglabilă descrisă va putea fi adoptată în urma comparării, printr-un calcul tehnico-economic, cu bateria comutabilă în trepte. În acest caz alegerea variantei optime o vom face astfel: notăm cu Z_1 cheltuielile anuale totale pentru varianta cu reactor reglabil și cu Z_2 cheltuielile anuale totale pentru varianta cu baterie comutabilă în trepte. Expresiile acestor cheltuieli sînt:

$$Z_1 = p\,I_1 + C_1;\quad Z_2 = p\,I_2 + C_2,$$

în care

p este coeficient normat de eficacitate, 0,1;
I_1, I_2 — cheltuieli de investiții pentru variantele 1 și 2;
C_1, C_2 — cheltuieli de exploatare pentru variantele 1 și 2.

Cheltuielile de investiții și exploatare se calculează cu relațiile:

$$I_1 = A_1 + \delta\, t\, \Delta P_1 + \gamma\, \Delta P_1;$$
$$C_1 = \beta_1 A_1 + \alpha t\, \Delta P_1 + D_i;$$
$$I_2 = A_2 + \delta\, t\, \Delta P_2 + \gamma\, \Delta P_2;$$
$$C_2 = \beta_2\, A_2 + \alpha\, t\, \Delta P_2,$$

în care

A_1, A_2 reprezintă costul total al instalațiilor de compensare pentru prima și a doua variantă, lei;
ΔP_1, ΔP_2 — pierderile totale în instalațiile de compensare, kW;
t — durata anuală de funcționare a instalației de compensare raportată la puterea instalată, ore/an;
δ — investiția specifică pentru deschiderea de noi mine în ramura industriei combustibilului, lei an/kWh;
γ — costul unui kW instalat în centrală, lei;
β — coeficientul de amortisment, reparații curente și deservire;
D_i — dauna produsă consumatorului în funcție de gradul de iregularitate a tensiunii pe barele consumatorului (apare numai la reglarea în trepte), lei.

Sursa reglabilă, studiată în lucrare, va fi eficientă dacă

$$Z_1 - Z_2 < 0,$$

sau:

$p\,(A_1 - A_2) - (\delta t + \gamma + \alpha t)\, \Delta P_r + \beta_1 A_1 - \beta_2 A_2 + D_i < 0$, în care ΔP_r reprezintă pierderile de putere activă în reactor.

Concluzii

1. Instalația prezentată satisface cerința de reglare continuă a puterii reactive, specifică unor consumatori, fără a introduce distorsiuni inadmisibile în curba de tensiune.

2. Legea de reglare a curentului de comandă în funcție de curentul reactiv al receptorului este aproximativ liniară.

Bibliografie

[1] Hudeakov, V. V. și Civanov, V. A. *Upravliaemîi staticeskii istocinik reaktivnoi moșcinosti.* Elektricestvo, nr. 1, 1969.

[2] Hayashi, C, *Nonlinear Oscilations in Physical Systems.* Mc Graw Hill Book Company, New-York, 1964.

[3] Grzybowski, S. ș. a. *Condensatoare în electroenergetică* (traducere din limba polonă, completată). Editura tehnică, București, 1966.

[4] Poeată, A., Cîrțînă, Gh. și Alexandrescu, V. *Sur les possibilités d'utilisation des réacterus réglables pour améliorer la qualité de la tension dans les réseaux de distribution.* Buletinul Institutului politehnic Iași, nr. 3—4/1970.

(Articol intrat în redacție la 23 iunie 1970)

Evaluarea costului puterii reactive livrate de sistemul electroenergetic într-un nod al său

Ing. Fl. Predan *

Pentru diferite calcule tehnico-economice în vederea exploatării optime a sistemului electroenergetic şi a dezvoltării optime a surselor de producere a puterii reactive, este necesar să se evalueze costul puterii reactive livrate de centralele din sistem într-un nod oarecare, i, la care este racordată reţeaua arborescentă de alimentare cu energie electrică a consumatorilor (fig. 1).

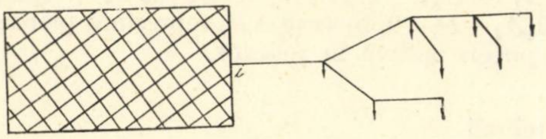


Fig. 1

Costul puterii reactive livrate de sistem într-un nod, care nu este liniar în raport cu puterea livrată în acel nod, provine din două surse:

— costul producerii puterii reactive în generatoarele centralelor din sistem:

— costul pierderilor de putere activă care apar datorită circulaţiei puterilor reactive între centralele sistemului şi nodul i.

Costul puterii reactive livrate la bornele generatoarelor

Pentru furnizarea unei puteri reactive la puterea activă nominală, generatorul trebuie supradimensionat, supradimensionarea acţionînd atît asupra statorului, cît şi asupra rotorului. Această măsură reclamă investiţii suplimentare care trebuie evaluate.

Optica adoptată pentru definirea costului puterii reactive produse în generatoare va fi optica unei producţii secundare, considerîndu-se că investiţia de bază este datorată producţiei de putere activă. De asemenea, se consideră că pierderile fixe de putere activă în generatoare sînt trecute în contul producerii puterii active. Această optică favorizează puterea reactivă, dar este logică pentru că această putere poate fi produsă şi de alte surse.

Criteriul de apreciere a investiţiilor care revin unităţii de putere reactivă este raportarea la investiţia care revine unităţii de putere activă instalată. Pentru acest raport se găseşte o formulare analitică empirică, rezultată din studierea comportării diferitelor alternatoare, de diferite construcţii şi puteri nominale, adoptîndu-se o valoare medie. Raportarea costului mediu de investiţie pentru 1 kVar la costul de investiţie pentru 1 kW, în funcţie de tg φ, pentru care este construit generatorul, este exprimat analitic [1]:

$$\frac{\text{Costul mediu de investiţii pentru 1 kVar}}{\text{Costul de investiţie pentru 1 kw}} = 0{,}08 + 0{,}24 \text{ tg } \varphi, \qquad (1)$$

expresie valabilă între cos $\varphi = 1$ şi cos $\varphi = 0{,}7$. Figura 2 reprezintă acest raport.

Pentru o valoare a factorului de putere sub 0,7, această expresie analitică nu mai este suficient de exactă.

Pentru producerea propriu-zisă a puterii reactive nu mai apar alte costuri, decît pierderile suplimentare în înfăşurările statorului şi rotorului. Pentru determinarea pierderilor datorate producerii puterii reactive luăm cazul unui alternator construit pentru m kW şi n kVar şi de la care se doreşte să se obţină m kW şi $(n+1)$ kVar, astfel determinîndu-se pierderile pentru ultimul kVar produs de un generator.

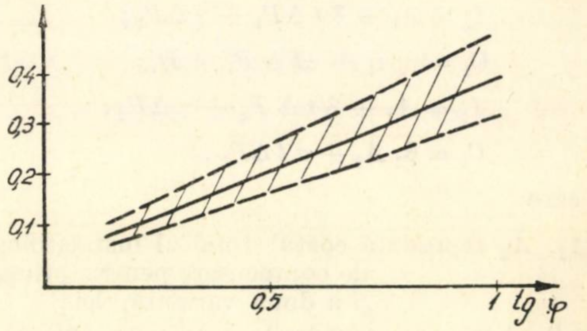


Fig. 2

Dacă se ia ca parametru pasul polar exprimat în cm, pierderile în W pentru producerea unui kVar marginal se pot evalua [1] cu relaţia:

$$\frac{\text{W}}{\text{kVar marginal}} = \frac{400}{PP}(1 + 2{,}2 \sin \varphi). \qquad (2)$$

Rezultă că pentru fiecare generator din sistem pot fi determinate costul mediu de investiţii pentru un kVar şi pierderile de putere activă pentru producerea unui kVar, astfel dispunînd de toate datele necesare pentru a exprima costul puterii reactive produse la bornele fiecărui generator din sistem. Evaluarea acestui cost este aproximativă, dar erorile comise sînt cu mult sub cele admise în asemenea calcule.

Costul specific al producerii puterii reactive pentru un generator este considerat constant, dar diferă de la un generator la altul în raport de factorul de putere şi pasul polar pentru care este construit generatorul.

---

*) Ing. Florin Predan este şeful Serviciului investiţii al ICENERG.

Evaluarea pierderilor de putere în sistem

Se urmărește obținerea unei relații care să exprime valoarea pierderilor de putere activă în acest caz particular, cînd în sistem sînt conectate toate centralele care debitează putere reactivă pentru consmatorul dintr-un singur nod, i.

Se consideră nodul în care se găsește consumatorul drept nod de referință.

În general, pentru o rețea cu n noduri, dintre care unul este nod de referință, ecuația de funcționare electrică este dată de

$$\underline{\Delta U} = \underline{\underline{Z}} \cdot \underline{I}, \tag{3}$$

unde

$$\underline{\Delta U} = \begin{bmatrix} \vdots \\ \underline{U}_j - \underline{U}_i \\ \vdots \end{bmatrix}$$ este matricea creșterilor de tensiune, față de nodul i de referință avînd $n-1$ linii;

$$\underline{I} = \begin{bmatrix} \vdots \\ \underline{I}_j - \underline{I}_i \\ \vdots \end{bmatrix}$$ — matricea curenților injectați în noduri, avînd $n-1$ linii;

$\underline{\underline{Z}}$ — matricea impedanțelor proprii și de transfer a rețelei, în raport cu nodul de referință.

Pierderea de putere aparentă în rețea este:

$$\underline{s} = \underline{I}_t^* \cdot \underline{\underline{Z}} \cdot \underline{I}, \tag{4}$$

de unde rezultă că pierderea de putere activă este

$$p = \underline{I}_t^* \cdot R \cdot \underline{I}. \tag{5}$$

Dacă notăm cu

$$\underline{I}_j = \frac{P_j - jQ_j}{\underline{U}_j^*}, \tag{6}$$

în care

$$\underline{U}_j = U_j e^{j\delta},$$

rezultă că:

$$\underline{I}_j = \frac{1}{U_j}(P_j - jQ_j)(\cos \delta_j + j \sin \delta_j). \tag{7}$$

Din (5) rezultă:

$$p = \sum_{\substack{k,\, j=1 \\ k,\, j \neq i}}^{n} \frac{R_{kj}}{U_k U_j} [(P_k P_j + Q_k Q_j) \cos \delta_{kj} + (Q_k P_j - P_k Q_j) \sin \delta_{kj}]. \tag{8}$$

În general, în cazul sistemelor electroenergetice, din analiza numeroaselor regimuri de funcționare rezultă că unghiurile δ_{kj} sînt mici, iar termenii $(Q_k P_j - P_k Q_j) \sin \delta_{kj}$ se compensează reciproc. Se poate scrie, cu bună aproximație:

$$p = \sum_{\substack{k,j=1 \\ k,j \neq i}}^{n} \frac{R_{kj}}{U_k U_j} (P_k P_j + Q_k Q_j) \cos \delta_{kj}. \tag{9}$$

Deoarece luăm în considerare numai aportul puterilor reactive în evaluarea pierderilor în rețea, se obține:

$$p = \sum_{\substack{k,j=1 \\ k,j \neq i}}^{n} \frac{R_{kj}}{U_k U_j} Q_k Q_j \cos \delta_{kj}. \tag{10}$$

Dar

$$Q_k = Q_{Gk} - Q_{Ck};$$
$$Q_j = Q_{G_j} - Q_{Gj}, \tag{11}$$

de unde rezultă:

$$p = \sum_{\substack{k,j=1 \\ k,j \neq i}}^{n} \frac{R_{kj}}{U_k U_j} (Q_{Gk} - Q_{Ck})(Q_{Gj} - Q_{Cj}) \cos \delta_{kj}. \tag{12}$$

Deoarece am ales ca nod de referință nodul cu consumatorul i și nu am luat în considerație ceilalți consumatori, obținem în final:

$$p = \sum_{\substack{k,j=1 \\ k,j \neq i}}^{n} \frac{R_{kj}}{U_k U_j} Q_{Gk} \cdot Q_{Gj} \cos \delta_{kj}. \tag{13}$$

Evaluarea costului puterii reactive livrate în nodul i

Costul puterii reactive livrate de sistem în nodul i nu se poate exprima analitic în raport cu aceasta. Căutăm să determinăm grafic dependența:

$$C = C(Q_i). \tag{14}$$

În evaluarea costului specific al puterii reactive, ca și a contribuției acesteia la pierderile de putere activă, considerăm că sînt cuplate în sistem toate elementele de rețea existente și toate generatoarele.

Pierderile de putere activă rezultate din circulația puterilor reactive necesare asigurării cererii de putere reactivă a nodului i depind și de puterile reactive cerute de celelalte noduri, deoarece circulația de puteri într-un element din sistem este determinată de alimentarea tuturor consumatorilor din nodurile sistemului și pierderile de putere activă sînt funcții pătratice în raport cu puterile reactive care circulă în elementele sistemului.

Puterea reactivă (componenta reactivă de curent) care circulă într-un element al sistemului electroenergetic depinde de aportul de putere reactivă al tuturor centralelor și de cererea de putere reactivă a tuturor consumatorilor.

Deoarece interesează evaluarea pierderilor de putere activă în partea liniară a sistemului electroenergetic, se poate aplica principiul suprapunerii efectelor [3].

Dacă aplicăm metoda suprapunerii efectelor considerînd cuplate toate generatoarele şi cîte un consumator, se ajunge la următoarea relaţie pentru componenta reactivă a curentului care circulă într-un element j al sistemului electroenergetic :

$$I_j = \sum_{k=1}^{m} (I_j)_k, \quad (j = 1, \dots, l), \tag{15}$$

în care

m este numărul de noduri-sarcină (consum Q) ;

I_j — curentul care circulă în elementul j de reţea, pentru reţeaua reală cu toate generatoarele şi consumatorii cuplaţi ;

$(I_j)_k$ — curentul din elementul j pentru situaţia în care sînt cuplate toate generatoarele şi numai consumatorul dintr-un nod K.

Pierderile de putere activă din elementul j al reţelei sînt proporţionale cu pătratul componentei reactive a curentului :

$$I_j^2 = \left[\sum_{k=1}^{m} (I_j)_k \right]^2. \tag{16}$$

Ce eroare facem dacă considerăm :

$$I_j^2 = I_{j1}^2 + I_{j2}^2 + , \dots, I_{jm}^2 \tag{17}$$

şi neglijăm termenii de forma :

$$\sum_{\substack{k,l=1 \\ k \neq l}}^{m} I_{jk} \cdot I_{jl} \,. \tag{18}$$

Curenţii componenţi dintr-un element de reţea rezultaţi din luarea în considerare, pe rînd, a fiecărui nod consumator, sînt de sensuri diferite şi, prin urmare, în însumarea din (18) apar termeni cu semne diferite, de unde rezultă că expresia (18) are valoare mică şi poate fi negativă sau pozitivă.

Luînd în considerare însumarea pe toate elementele reţelei, valorile de forma (18) dau un rezultat destul de mic pentru a putea fi neglijat, iar eroarea pe care o facem considerînd expresia (17) este mică. Eroarea este cu atît mai mică, cu cît sistemul este mai dezvoltat.

De aici rezultă independenţa,în limitele unei aproximaţii tehnic acceptabile, a pierderilor de putere activă rezultate din circulaţia puterilor reactive, în vederea asigurării unei puteri reactive în nodul i, de puterile reactive cerute de celelalte noduri consumatoare.

Cunoscîndu-se puterea reactivă cerută în nodul i, se cere să se determine puterile reactive produse de fiecare centrală, corespunzător asigurării cheltuielilor minime, pentru acoperirea acesteia.

Funcţia de costuri pentru problema formulată mai sus este :

$$\varphi = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n} C_j Q_j + K \cdot p(Q_1, \; Q_2, \dots Q_j, \dots, Q_n), \tag{19}$$

cu restricţia

$$A = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n} Q_j - Q_i = 0, \tag{20}$$

în care

C_j este costul specific al puterii reactive la bornele centralei j ;

Q_j — puterea reactivă optimă de debit de către centrala j ;

K — o constantă prin care se reflectă costul unităţii de putere pierdută.

Deoarece funcţia de costuri este o combinaţie liniară şi pătratică de puterile reactive de determinat, ea este convexă şi, deci, prin aplicarea teoremei lui Lagrange pot fi găsite valorile care minimizează funcţia costuri :

$$L = \varphi + \lambda A. \tag{21}$$

Aplicînd teorema lui Lagrange, obţinem :

$$\frac{\partial L}{\partial Q_j} = C_j + 2K \sum_{\substack{K=1 \\ K \neq i,}}^{n} \frac{R_{kj}}{U_k \cdot U_j} Q_{Gk} \cos \delta_{kj} + \lambda = 0 \,; \tag{22}$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n} Q_j - Q_i = 0. \tag{23}$$

Din relaţiile (22) şi (23) obţinem n ecuaţii pentru $n-1$ necunoscute şi un parametru, deci ecuaţii suficiente pentru determinarea necunoscutelor.

Problema de dispecer economic pentru acest caz particular este mult simplificată faţă de aceeaşi problemă generală, în care se cere repartiţia optimă a puterilor active şi reactive în sistemul electroenergetic. Pentru acest caz nu este necesară ipoteza conformităţii puterilor reactive ale consumatorilor ; deci, din acest punct de vedere evaluarea pierderilor este destul de exactă şi corespunde situaţiei reale din sistem în care nu se respectă conformitatea puterilor.

Pentru construirea curbei date de relaţia (14) se procedează astfel :

— se stabileşte valoarea maximă necesară de putere reactivă în nodul i ;

— valoarea maximă se împarte în aproximativ 20 de trepte egale, cuprinse între 0 şi $Q_{i\,max}$;

— pentru fiecare dintre aceste trepte se execută calculul de dispecer economic, rezultînd un anumit cost ;

— se trasează diagrama (relaţia 14) prin puncte pentru aceste valori.

Simplificarea calculului prin considerarea surselor care au pondere mare în alimentarea consumatorului *i*

În alimentarea unui consumator, astfel încît să se respecte minimum de cheltuieli, participă, teoretic, toate centralele din sistemul energetic.

După cum am văzut, prin aplicarea dispecerului economic, considerînd un consumator și toate centralele din sistem, se stabilește aportul optim al fiecărei centrale în alimentarea cu putere reactivă a consumatorului considerat.

Dacă acest aport este mai mare sau mai mic, depinde de costul specific al puterii reactive livrate de centrală și de distanța electrică a centralei față de consumator.

Pentru a selecta centralele al căror aport optim este mare în alimentarea consumatorului considerat, se merge pe o altă cale. Considerăm că toate elementele sistemului sînt conectate la sistem, dar nu există decît centrala j care alimentează cu putere reactivă numai consumatorul i. Pentru determinarea pierderilor de putere se consideră rezistența de transfer între nodul j și nodul i:

$$p_{ij} = R_{ij} \frac{Q_{ij}^2}{U_i \cdot U_j}, \qquad (24)$$

în care

R_{ij} este rezistența de transfer între nodurile j și i;

Q_{ij} — puterea reactivă cu care este alimentat consumatorul i de către centrala din nodul j;

U_j, U_i — tensiunile nodurilor j și i.

Dacă luăm în considerare pe rînd fiecare centrală care alimentează cu putere reactivă consumatorul i, ajungem la o schemă echivalentă a sistemului pentru acest caz, de forma din figura 3, iar pierderile din sistem sînt:

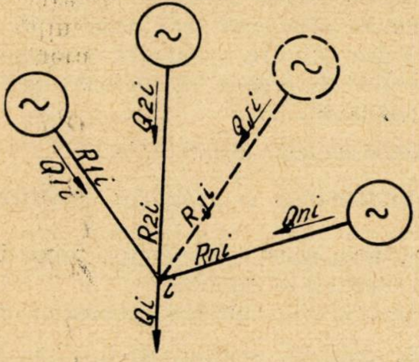


Fig. 3

$$p = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n} R_{ij} \frac{Q_{ji}^2}{U_j U_i}. \qquad (25)$$

Considerînd C_j costul specific al livrării puterii reactive la bornele generatoarelor, costul total al alimentării consumatorului i este:

$$Z = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n} C_j Q_{ji} + K \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n} R_{ji} \frac{Q_{ji}^2}{U_j U_i}. \qquad (26)$$

Dacă minimizăm funcția de costuri Z cu restricția:

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n} Q_{ji} - Q_i = 0, \qquad (27)$$

prin aplicarea teoremei lui Lagrange, obținem:

$$\frac{\partial L}{\partial Q_{ji}} = C_j + 2k R_{ji} \frac{Q_{ji}}{U_j U_i} + \lambda = 0; \qquad (28)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n} Q_{ji} - Q_i = 0. \qquad (29)$$

Se obțin n relații liniare pentru $n-1$ necunoscute și un parametru, deci un sistem rezolvabil.

Din relațiile (28) se obține:

$$C_1 + 2K \frac{R_{1i}}{U_1 U_i} Q_{1i} = C_2 + 2K \frac{R_{2i}}{U_2 \cdot U_i} Q_{2i} =$$

$$= \ldots = C_j + 2K \frac{R_{ji}}{U_j U_i} Q_{ji} = \ldots = -\lambda \qquad (30)$$

De aici rezultă că creșterea costului total al puterii reactive livrate consumatorului din nodul i, ca urmare a creșterii puterii reactive livrate de oricare oentrală din sistem, trebuie să fie aceeași.

Pentru stabilirea unui criteriu de selecție a surselor cu pondere mare în alimentarea consumatorului i, facem unele ipoteze simplificatoare:

— Considerăm că costul specific de producere a puterii reactive este același la toate centralele din sistem, luînd în considerare o valoare medie ponderată. Notînd cu Q_{jn} puterile reactive nominale pe care le pot debita centralele din sistem, costul specific mediu este:

$$C_{med} = \frac{\sum\limits_{\substack{j=1 \\ j \neq i}} C_j Q_{jn}}{\sum\limits_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n} Q_{jn}}. \qquad (31)$$

— Tensiunile U_j din nodurile generatoare și tensiunea U_i, raportate la o tensiune de bază, se consideră constante și egale între ele.

Cu aceste ipoteze simplificatoare, din relația (28) rezultă:

$$R_{ji} Q_{ji} = (-\lambda - C_{med}) \frac{U_j U_i}{2K} = A. \qquad (32)$$

Se vede că A este o constantă.

Utilizînd relația (27), printr-o serie de operații algebrice elementare se ajunge la relația :

$$Q_{ji} = \frac{Q_i}{R_{ji} \sum\limits_{\substack{j=1 \\ j=i}} \frac{1}{R_{ji}}}. \qquad (33)$$

Acceptînd cele două simplificări enunțate anterior, s-a obținut o relație cu care pot fi determinate foarte simplu puterile reactive livrate de diferite centrale pentru alimentarea consumatorului din nodul i cu cheltuieli apropiate de minim.

Pentru explicitarea relației (14) se stabilesc rezistențele reciproce între nodurile generatoare și nodul consumator, după care găsirea valorilor Q_{ji} este o problemă elementară.

Deoarece relația (33) dintre Q_{ji} și Q_i este liniară, proporționalitatea dintre mărimi se păstrează pentru orice valoare a lui Q_i.

Relația (33), pusă sub forma :

$$\frac{Q_{ji}}{Q_i} 100 = \frac{1}{R_{ji} \sum\limits_{j} \frac{1}{R_{ji}}} 100,$$

dă posibilitatea selecționării centralelor cu un aport esențial în alimentarea consumatorului i. După ce eliminăm pe cele neesențiale, reluăm repartiția optimă a puterii reactive livrate numai de centralele cu un aport esențial, renunțînd la cele două ipoteze simplificatoare.

Desigur, s-a renunțat la o serie de aproximații, dar s-a adoptat altă serie, prin omiterea aportului centralelor îndepărtate electric.

Bibliografie

[1] Ruelle, G. *Influence de la production d'énergie réactive sur les alternateurs.* Bulletin SFE—I—8-e (1960) nr. 12, p. 809.

[2] Penescu, C., Ionescu, Vl. și Rosinger, Fl. *Programarea matematică cu aplicații în energetică.* Editura Academiei R. S. R., București, 1967.

[3] Dimo Paul. *Analiza nodală a sistemelor electroenergetice.* Editura Academiei R. S. R., București, 1968.

(Articol intrat în redacție la 13 iunie 1970)

◆

Urmărirea eficienței economice la studiile privind organizarea producției și a muncii

Ing. I. Kleps*)

La întocmirea studiilor privind organizarea științifică a producției și a muncii, un loc important îl ocupă calculele tehnico-economice de eficiență, iar în continuare problema modului de urmărire a eficienței economice realizate în urma aplicării studiilor respective.

Cu ocazia formulării unei teme se pune întrebarea : ce efecte economice se scontează ca urmare a aplicării măsurilor ce vor rezulta din analize și studii? Dar aceasta nu este de ajuns, deoarece neurmărirea, după introducerea măsurilor preconizate, a rezultatelor economice înregistrate, a aprecierii cît mai exacte a acestor rezultate, ne lipsește de posibilitatea unor evaluări și îmbunătățiri succesive ale prevederilor studiului aplicat.

Scopul oricărui studiu elaborat trebuie să se concretizeze într-un anumit avantaj, care poate fi de natură tehnico-economică sau socială.

Avantajele tehnico-economice se pot încadra în trei grupe principale :

a) Economii rezultate dintr-o mai bună folosire a mijloacelor materiale, a capacităților de producție, a utilajelor și mijloacelor de transport cu efecte directe asupra creșterii producției și reducerii cheltuielilor la capitolele respective (materiale, utilaje, transporturi).

b) Economii ca urmare a creșterii productivității, care influențează direct asupra producției fie prin sporirea acesteia, fie prin reducerea de personal cu efecte asupra diminuării cheltuielilor de manoperă de bază sau T.A.

c) Economii prin scurtarea duratei de execuție a investiției, cu efecte directe asupra reducerii cheltuielilor de regie și în special a acelora cu caracter constant.

Avantajele sociale se referă la :

a) Îmbunătățirea și ușurarea condițiilor de muncă.

b) Asigurarea unor condiții mai bune de securitate și protecție a muncii.

c) Îmbunătățirea calității lucrărilor etc.

Dacă, la studiile privind avantajele sociale, determinarea volumului economiilor nu se poate face în mod direct, ci prin apreciere, la celelalte studii tehnico-economice calculul economiilor prezumtive este singurul criteriu care poate justifica eficiența și utilitatea studiului respectiv.

În consecință, studiile elaborate pe linie de O.P.M. se pot grupa în :

— Studii privind perfecționarea conducerii, care se referă la metodele de luare a deciziilor, circuitul informațional, structuri organizatorice, regulamente de organizare și funcționare etc.

---

*) Ing. Iosif Kleps este economist la T.C.M.E.

— Studii privind organizarea producției, care se referă la programarea producției, stocurile de materiale necesare, probleme de reutilare, de transport intern, de asigurare cu scule și dispozitive etc.

— Studii privind metodele de muncă, organizarea locului de muncă etc.

Ca metodă generală, în elaborarea unui studiu se indică parcurgerea următoarelor etape :

a) Alegerea temei de studiat în funcție de considerente economice, tehnice, sociale.

b) Înregistrarea situației actuale (colectări de date, descrierea procedeelor existente etc.).

c) Examinarea critică a situației existente.

d) Identificarea și formularea problemelor ce trebuie rezolvate.

e) Elaborarea în detaliu a noilor soluții.

f) Eficiența tehnico-economică a soluțiilor propuse.

g) Planul de aplicare a noii metode și asigurarea condițiilor de aplicare.

h) Urmărirea introducerii metodei adoptate și a eficienței realizate.

În cele ce urmează se va trata problema modului de urmărire a rezultatelor obținute prin aplicarea unui anumit studiu, comparativ cu economia proiectată.

Pentru ca eficiența economică înscrisă în studiu să nu mai fie rezultatul unei aprecieri și să capete încă din faza de elaborare un caracter cît mai concret, s-a conceput formularul „Fișa pentru antecalcul" conform modelului din anexa 1, fișă care va face parte integrantă din orice studiu tehnico-economic elaborat. Formularul a fost astfel conceput, încît în cadrul fiecărui capitol de cheltuieli să existe posibilitatea efectuării unui paralelism între realizările actuale și realizările îmbunătățite ce vor rezulta în urma aplicării măsurilor preconizate, pentru ca în final să se poată sintetiza eficiența economică așa cum a fost formulată și argumentată prin studiul respectiv.

Datele privind realizările actuale se vor extrage din evidența tehnico-operativă sau din evidența contabilă.

În funcție de tema studiului, în cadrul formularului va lua extindere unul sau altul dintre capitolele generatoare de avantaje.

Conținutul și modul de completare a fiecărui capitol înscris în formular :

1. *Materiale*

La acest capitol se includ materialele care fac obiectul studiului și al căror consum exprimat în unități fizice și valorice este supus unei modificări.

Economiile de materiale vor rezulta în acest formular din compararea consumurilor realizate în prezent cu cele îmbunătățite preconizate prin studiul elaborat, calculate pe unitate de produs sau lucrare de construcții-montaj. În cazul unor propuneri de înlocuitori de materiale se va înscrie denumirea materialelor cu consumurile realizate în prezent și, în continuare, denumirea înlocuitorilor propuși cu consumurile respective. Prețul unitar va fi cel cu care materialele respective figurează în evidența contabilă.

Economia de materiale estimată pe unitate de produs sau pe unitate de lucrare de construcții-montaj rezultă în final din însumarea algebrică a diferențelor pozitive și negative la toate sortimentele de materiale care fac obiectul studiului.

2. *Manoperă*

Pentru munca în acord se vor compara pe fiecare operație în parte normele de timp aplicate în prezent cu cele îmbunătățite propuse în studiul respectiv.

Pentru munca în regie, cît și pentru muncitorii auxiliari sau de prestații, se va compara numărul salariaților pe meserii care activează în prezent cu numărul restructurat propus.

Calculele se vor face, după natura studiului, pe unitate de lucrare, produs sau loc de muncă.

Valorificarea economiilor se face la nivelul categoriei de încadrare și a tarifului corespunzător.

3. *Utilaje și mijloace de transport*

La studiile care privesc acest capitol economiile vor rezulta îndeosebi din îmbunătățirea indicelui de utilizare extensiv sau intensiv al autoutilajelor. În acest sens formularul cuprinde următoarele coloane :

— productivitatea autoutilajelor ;

— timpul sau coeficientul extensiv de utilizare ;

— lei/oră funcționare sau lei/t. km ;

— numărul autoutilajelor.

Economia va rezulta din compararea indicatorilor estimați prin studiu cu cei realizați în prezent.

În funcție de tema studiată, economia se va localiza într-un spor de productivitate a autoutilajelor sau în îmbunătățirea indicelui extensiv de utilizare, care va conduce la eliberări de utilaje și la reducerea cheltuielilor pe ora de funcționare sau pe t/km.

Eventualele măsuri care privesc reducerea consumurilor specifice la combustibili și lubrifianți, piese de schimb și materiale de întreținere la autoutilaje se reflectă în reducerea cheltuielilor de exploatare pe lei/oră de funcționare. Înscrierea în formular a acestor materiale se va face prin adaptarea la liniatura capitolului 1 (materiale).

4. *Cheltuieli indirecte*

Studiile care abordează acest capitol pot cuprinde o gamă largă de cheltuieli, ca : salarii

Fişa pentru antecalculul economiilor estimate din aplicarea studiului

Denumirea studiului ....

Colectiv de elaborare ....

1. MATERIALE (consum pe unitatea de produs sau lucrare)

Nr. crt.	Denumirea materialului	U/M	P/U	Consum vechi		Consum nou		Diferenţe	
				Cantitate	Valoare	Cantitate	Valoare	Economii	Depăşiri

2. MANOPERĂ (consum pe unitate de produs sau lucrare)

Nr. crt.	Denumirea operaţiei sau funcţiei	Nr. salariaţi	Norma veche				Norma nouă				Diferenţe	
			Categ. lucrării	N. T.	Tarif, lei	Valoare	Categ. lucrării	N.T.	Tarif, lei	Valoare	Economii	Depăşiri

3. UTILAJ ŞI MIJLOACE DE TRANSPORT

Nr. crt.	Denumire utilaj sau mijl. transport	Nr. auto-utilaje	Lei oră/funcţ.	Realizări vechi			Realizări noi			Diferenţe	
				Productivitate	Timp funcţionare	Valoare	Productivitate	Timp funcţionare	Valoare	Economii	Depăşiri

4. CHELTUIELI INDIRECTE (în lei/lună)

Nr. crt.	Natura cheltuielilor	P/U	Realizări vechi		Realizări noi		Diferenţe	
			Cantitate (Nr)	Valoare	Cantitate (Nr)	Valoare	Economii	Depăşiri

5. SPORURI DE PRODUCŢIE (pe unitatea de timp)

Nr. crt.	Denumirea lucrării sau produsului	U/M	Cantitate P/U	Realizări vechi		Realizări noi		Diferenţe	
				Productivitate	Valoare	Productivitate	Valoare	Economii	Depăşiri

6. ALTE AVANTAJE

RECAPITULAŢIE — în lei —

Cap. de cheltuieli	Realizări vechi	Realizări noi	Economii pe unitate	Cantitate sau lucrări planificate	Economii antecalculate	Cheltuieli suplimentare	Economii nete
I. Materiale							
II. Manoperă							
III. Utilaje şi mijloace de transport							
IV. Cheltuieli indirecte							
V. Sporuri de producţie							
VI. Alte avantaje							
Total							

Ing. şef de resort, *Contabil şef,* *Colectiv de elaborare,*

T.A., delegaţii, cheltuieli de birou, cheltuieli neproductive etc.

Prin măsurile propuse, în studiu se urmăreşte reducerea acestor cheltuieli faţă de perioada curentă, printr-o serie de măsuri care privesc :

— reduceri de personal T.A. ;

— reduceri de cheltuieli de birou (imprimate, rechizite, convorbiri telefonice etc) ;

— reduceri de inventar administrativ gospodăresc ;

— reduceri de volum de reparaţii cu caracter administrativ etc.

Calculele se vor face luînd ca unitate de timp luna calendaristică. Economia va rezulta din compararea valorilor estimate prin studiu cu realizările medii curente obţinute înainte de aplicarea studiului, la grupa de cheltuieli indirecte luată în considerare.

5. *Sporuri de producţie*

Printr-o mai bună organizare a producţiei, a fluxului tehnologic, prin scurtarea duratei de execuţie etc., se pot obţine sporuri de producţie care, pe lîngă contribuţia pe care o au la depăşirea planului, mai pot contribui la realizarea de economii prin îmbunătăţirea normelor de timp sau a indicilor de utilizare şi prin reducerea ponderii cheltuielilor cu caracter constant pe unitatea de produs sau lucrare.

În formular vor apărea economiile rezultate din reducerea ponderii cheltuielilor cu caracter constant ca urmare a măsurilor propuse prin studiu în vederea creşterii volumului de producţie. Economiile de manoperă, utilaje şi mijloace de transport se vor reflecta cu ocazia îmbunătăţirii normelor şi indicilor de utilizare la capitolele respective din formular.

6. *Alte avantaje*

Se vor detalia avantajele sociale care rezultă din aplicarea studiului şi care se vor valorifica prin aprecieri de la caz la caz sau prin comparaţii cu situaţii similare.

În recapitulaţia fişei de antecalcul se sintetizează, pe capitole, nivelul economiilor estimate pe unitate de produs sau lucrare. Aceste economii, multiplicate cu cantităţile sau lucrările planificate în perioada luată în considerare, dau economiile totale antecalculate din care se scad eventualele cheltuieli suplimentare efectuate în vederea aplicării studiului. Astfel se obţine economia netă antecalculată care va fi luată în considerare la compararea cu realizările efective obţinute după aplicarea studiului.

Un exemplar din „Fişa pentru antecalcul" (anexa 1), avizat de cei în drept, se înaintează compartimentului de postcalcul care are un rol hotărîtor în rezolvarea următoarelor aspecte privind urmărirea eficienţei realizate :

— organizarea evidenţei tehnico-operative ;

— organizarea evidenţei de postcalcul ;

— aplicarea controlului preventiv.

În acest sens se va organiza evidenţa de postcalcul în concordanţă cu modul de organizare a procesului tehnologic şi cu elementele de cost luate în considerare la întocmirea fişei de antecalcul. Pentru documentele de evidenţă tehnico-operativă emise se va asigura principiul individualizării pe fiecare lucrare în parte.

O dată cu trecerea la aplicarea studiului, acesta va căpăta un număr de cod separat pe lîngă codul obiectului la care se aplică studiul. De exemplu, la obiectul 3DXI „Coşul de fum" se prevede îmbunătăţirea procedeului de executare a soclului cu ajutorul unui cofraj special. Acestui studiu i s-a atribuit, de exemplu, codul 4, deci toate documentele primare care se referă la executarea soclului cu ajutorul cofrajului special vor purta codul 3DXI/4. În acest fel, din postcalculul obiectului 3DXI vor putea fi identificate cheltuielile directe care se referă numai la studiul exemplificat şi codificat 3DXI/4. Cheltuielile indirecte se vor repartiza prin cheie.

Prin includerea în structura codului obiectului a unui caracter distinct, care să reprezinte domeniul de întindere a studiului respectiv, se poate asigura cu uşurinţă localizarea cheltuielilor specifice cu acelaşi volum de date primare.

De altfel, prin introducerea prelucrării automate a datelor întocmirea calculațiilor la diferite nivele nu mai comportă nici o dificultate.

Desigur, modul de abordare a organizării postcalculului va depinde de natura studiului respectiv, însă principiul de separație a cheltuielilor rămîne același.

Evidența economiilor realizate efectiv pe durata aplicării studiilor O.P.M. se va face cu ajutorul ,,Fișei centralizate de urmărire a economiilor'', conform modelului din anexa 2, care se completează de către compartimentul de postcalcul. În această fișă se vor înscrie lunar cantitățile sau lucrările executate, precum și cheltuielile realizate efectiv în vederea executării obiectului la care se aplică propunerile studiului respectiv.

UNITATEA .... **ANEXA 2**

Fișa centralizată de urmărire a economiilor realizate

Denumirea studiului ....
Codul obiectului la care se aplică studiul ....
Codul studiului ....
Perioada de aplicare : de la ....
pînă la ....

Nr. crt.	Luna de aplicare	U/M	Cantitate sau lucrarea realizată efectiv	Costuri realizate							Cheltuielile înregistrate înainte de aplicarea studiului (pe unitate)	Diferențe	
				Materiale	Cotă de aprovizionare și transport	Manoperă	Utilaj	Cheltuieli indirecte	Total cheltuieli	Preț de cost pe unitatea de raportare		Economii	Depășiri
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Inginer șef de resort *Contabil șef* *Întocmit*

Datele necesare pentru cantitățile sau lucrările executate se extrag din situațiile de plată lunare sau din rapoartele zilnice de producție. Cheltuielile realizate se extrag din postcalculul obiectului respectiv la care s-a aplicat studiul, cu condiția ca toate documentele primare înscrise să poarte în coloana ,,explicații'' din postcalculul simbolul studiului respectiv. În acest fel se pot identifica cu ușurință cheltuielile care se axează pe problema în cauză. Prin introducerea prelucrării automate a datelor, întocmirea calculației se face printr-o simplă operație de sortare la nivelul codului studiului.

După caz se calculează în continuare prețul de revenire pe unitatea de raportare, care se compară cu prețul realizat anterior aplicării studiului, așa cum a fost menționat în anexa 1.

Economia totală realizată efectiv în urma aplicării studiului se calculează prin multiplicarea economiei rezultate pe unitatea de raportare cu cantitățile sau lucrările realizate efectiv.

Economia obținută se compară cu cea antecalculată pentru a se verifica eficacitatea soluției adoptate prin studiu.

Economiile valorice efective se pot localiza într-un cont separat din evidența contabilă, sau vor rezulta numai din fișa centralizată din anexa 2, reflectîndu-se în situația generală a prețului de cost a obiectului respectiv.

În concluzie, orice studiu tehnico-economic va trebui să aibă în mod obligatoriu un calcul de eficiență economică ce se estimează pe formularul ,,Fișa de antecalcul'' din anexa 1, iar urmărirea economiilor realizate în urma aplicării studiului se face cu ajutorul formularului ,,Fișa centralizată'', din anexa 2.

Acest articol nu epuizează aspectele multiple care pot apărea de la studiu la studiu și nici nu încearcă să dea o soluție generală pentru urmărirea eficienței economice. Astfel, în unele cazuri poate să fie suficientă urmărirea eficienței numai la nivelul unei unități-pilot, urmînd ca rezultatele să fie generalizate și la celelelate unități în care se aplică prvederile studiului. De asemenea, durata de urmărire a eficienței obținute, care s-a considerat în medie de 1 an, poate să varieze în funcție de etapele studiului, care se condiționează de anumiți parametri obținuți pe parcurs.

Metoda de urmărire a eficienței economice arătată mai sus jalonează o modalitate de obținere a acesteia pe baza unor formulare simple și a documentelor de evidență tehnico-operativă în vigoare, metodă care ne dă certitudinea dimensionării cît mai exacte a economiilor realizate prin aplicarea în producție a studiilor O.P.M.

(Articol intrat in redacție la 20 iulie 1970)

◆

Informații tehnice

● Reactorul rapid construit în faza de prototip la Dounreay (Marea Britanie), cu o putere electrică utilă de 250 MW este prevăzut să intre în funcțiune în anul 1972. Se prevede în continuare construirea reactoarelor avansate răcite cu gaz, precum și a unui reactor cu apă grea, cu o putere electrică de 450 MW. În programul de cercetare al CEGB intră, de asemenea, construirea prototipurilor unor pile de combustie de temperatură înaltă.

(Electrical Times, 17, 1970, p. 6)

● În perioada 1 iulie 1969 — 30 iunie 1970, consumul de energie electrică din Marea Britanie a crescut în medie cu 4,7% în comparație cu aceeași perioadă a anului precedent. Se remarcă creșterea consumului casnic de energie electrică cu 5,6% și a iluminatului public cu 7,4% față de perioada 1968—1969. Consumul de energie în diferitele sectoare ale economiei se prezintă astfel:

Domeniul	Consumul în perioada 1 iulie 1969 30 iunie 1970, GWh	Creșterea față de perioada 1 iulie 1968 30 iunie 1969, %
— casnic	73 399	+5.6
— agricol	3 373	+0.6
— comercial	29 010	+5.2
— combinat casnic/comercial	2 676	+4.0
— industrial	77 519	+3.8
— iluminat public	1 631	+7.4
— tracțiune	2 309	+2,0

(Electrical Times, 14, 1970 p. 7)

● O stație-prototip capsulată de 345 kV urmează să intre în funcțiune, în prima parte a anului 1971 la Manhattom (S.U.A.), avînd o suprafață de 5 000 m², comparativ cu 41 000 m² cît are o stație cu bare libere de aceeași capacitate. Circuitele de ieșire ale stației cuprind cabluri izolate cu ulei la presiune înaltă, conectate la sistemul de bare izolate cu SF_6, cuplate la întrerupătoarele stației. Nivelul tensiunii pentru izolația la unde de impuls este de 1 175 kV și curentul nominal de 2 kA.

(Electrical Times, 10, 1970, p. 43)

● Al 26-lea raport anual al societății Endesa (Chile) prevede instalarea unei centrale nuclearoelectrice în următorii zece ani. Din totalul de energie electrică produsă de 4,63 TWh, 64,3% este furnizată de Endesa, care la sfîrșitul anului 1970 avea o putere totală instalată de 847 MW. Sistemul de transmisie interconectat Endesa, prevăzut cu linii în dublu circuit, este proiectat pentru tensiuni pînă la 400 kV, întinzîndu-se pe o lungime de 5 000 km.

(Electrical Review, 20, 1970)

● Cea mai mare termocentrală electrică pe cărbune din Europa se construiește la Cottbus (R. D. Germană). În prima etapă, centrala va avea șase grupuri generatoare totalizînd 1 600 MW; în a doua etapă va fi prevăzută cu încă șase grupuri a cîte 210 MW fiecare, iar în etapa finală se vor monta încă două grupuri de cîte 500 MW. Centrala va funcționa cu lignit.

(Electrical Review nr. 20, nov. 1970)

● În iulie 1970, în R. F. a Germaniei s-a hotărît construirea unei CNE-prototip, cu puterea de 300 MW, echipată cu un reactor cu thoriu de înaltă temperatură — THTR. Această centrală va fi prima din programul de dezvoltare al CNE de înaltă temperatură răcită cu gaze. Corpul reactorului va fi construit din beton pretensionat. Zona activă, cu diametrul de 5,6 m și înălțimea 5,8 m, construită din grafit, va conține 675 000 elemente de combustibil sferice cu diametrul de 6 cm. Agentul de răcire, heliul (40 ata și 530°C la intrare și 750°C la ieșire), va transporta căldura la șase generatoare de abur, obținîndu-se astfel parametrii aburului 181 ata, 530°C. Schimbarea și controlul elementelor de combustibil se vor face fără oprirea reactorului. Intrarea în funcțiune este proiectată pentru anul 1976.

(Atom-inform. Dtsh. Atomformus nr. 7—8, 1970)

● Pentru acoperirea necesarului de energie electrică al regiunii Baden-Bürtenberg (R. F. a Germaniei), în urma analizelor s-a hotărît construirea unei CNE la Philippsburg, echipată cu reactoare de tipul BWR. Aceasta va fi cea mai mare dintr-un grup de șase CNE cu reactoare BWR construite de firma AEG-Telefunken. Puterea termică a centralei va fi de 2575 MWt, puterea electrică brută de 900,3 MW, iar consumul propriu de 36,3 MW. Temperatura apei la intrarea în zona activă va fi 215°C, iar la ieșire se va obține abur saturat de 71 ata. Construcția centralei, începută în august 1970, va dura 49 de luni.

(Atomwirt.-Atomtechn. nr. 15, 1970)

● Între 27 aprilie și 1 mai 1970 la Ok-Ridge (S.U.A.) a avut loc o consfătuire care a analizat succesele obținute în perfecționarea reactoarelor de înaltă temperatură răcite cu gaze și a reactoarelor cu combustibil lichid. S-a evidențiat faptul că s-au încheiat probele de control ale elementelor de combustibil acoperite cu grafit și ale corpurilor reactoarelor construite din beton pretensionat. De asemenea, proiectul reactorului Dragon a intrat în studiu pe model și încercări ale materialelor pentru schema termică cu un singur circuit. Reactorul experimental MSRE, cu zona activă din săruri de uraniu topite, funcționează din decembrie 1969 și a dat informații utile asupra siguranței în funcționare și a altor probleme. S-au discutat dificultățile legate de fabricarea acestui tip de reactor.

(Nuclear News, 13, nr. 6, 1970)

● După prognozele Comisiei pentru energia nucleară, puterea CNE din S.U.A. va atinge în 1980 valoarea de 120—170 mii MW. Rezervele geologice actuale, cu prețul $\leqslant$17,6 $/kg, sînt evaluate la 146 000 t, considerîndu-se suficiente pentru CNE pînă în anul 1977. Avîndu-se în vedere noile prospecțiuni geologice, se consideră că necesitățile CNE vor putea fi acoperite pînă în anul 1990, cînd reactoarele rapide vor face să scadă considerabil consumul. Datorită progresului tehnic se prevede o scădere a costului ciclului de combustibil cu 9% în 1980 și 15% în 1985, comparativ cu anul 1975. Dacă se ține seama însă de tendința inflaționistă în S.U.A., se consideră că în 1985 prețul ciclului cu combustibil în CNE se va situa în jurul prețului din anul 1975.

(Energie nucleaire, 12, nr. 3, 1970)

◆

CĂTRE AUTORI

Autorii care doresc să obţină exemplare din numerele revistei „ENERGETICA" în care le apar articole sînt rugaţi să ne comunice în scris, o dată cu predarea manuscrisului respectiv în redacţie, numărul de exemplare dorit (maximum 10 exemplare). Contravaloarea — 5 lei exemplarul — va fi reţinută din drepturile de autor pe baza solicitării scrise.

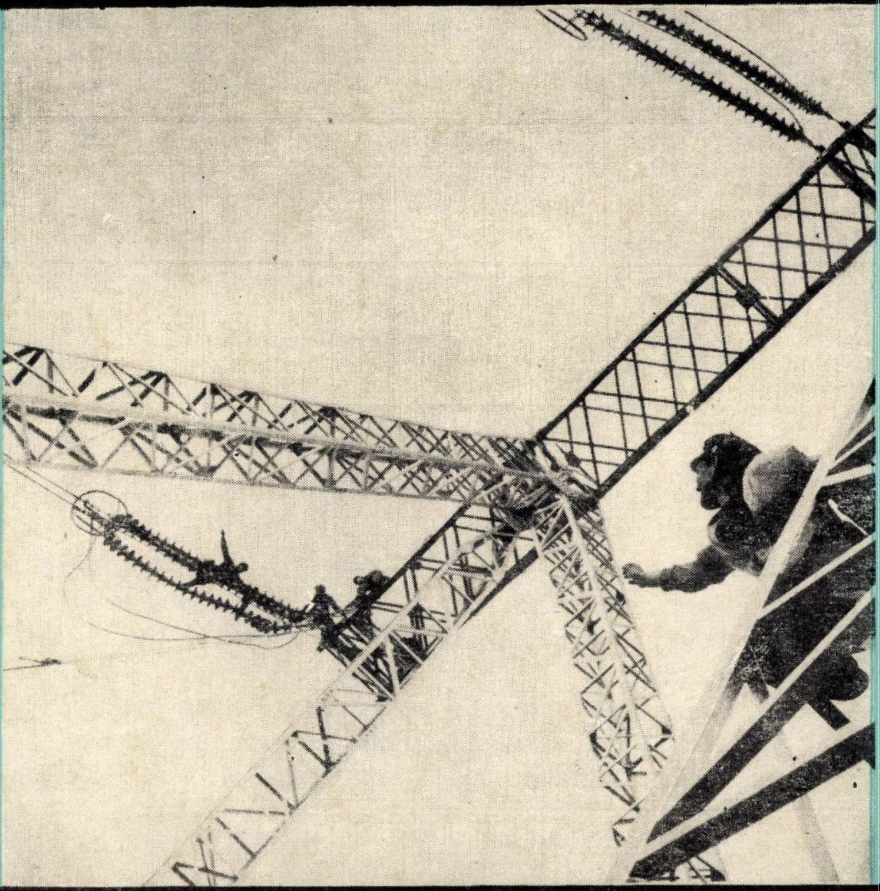
Revista „ENERGETICA" — organ al Ministerului Energiei Electrice şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R.S. România (CNIT). Redactia: Bucureşti, str. Galaţi nr. 5 — 7, Sectorul II; Tel. 136683; 130053. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinete tehnice în contul nostru de virament: nr. 30.01 01.00 B.N.R.S.R. — Sectorul VI. Tarif pentru întreprinderi lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri lei 30 anual. Preţul unui exemplar lei 5.

Taxele poştale plătite în numerar conform aprobării D.G.P.T. nr. 10.1095, 1967

I.P.I. — c. 2022

41 401

TRUSTUL ELECTROMONTAJ
BUCUREȘTI



Produce prin unităţile sale industriale:

- **Stîlpi metalici**
- **Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat**
- **Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat, pretensionaţi**
- **Celule şi panouri pentru centrale şi staţii electrice**
- **Posturi de transformare urbane şi rurale complet prefabricate**
- **Diverse prefabricate pentru centrale electrice, staţii, posturi de transformare şi linii electrice de transport şi distribuţie**

Execută prin unităţile sale de constucţii:

- **Staţii electrice şi posturi de transformare**
- **Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV**
- **Linii electrice de distribuţie**
- **Electrificări rurale**

**BUCUREŞTI, CALEA MOŞILOR 158,
TELEFON 16.63.30**

IRE

BAIA MARE

ASIGURĂ

alimentarea cu energie electrică din sistemul energetic național a tuturor consumatorilor din zonă, în condiții de siguranță și de bună calitate.
Instalațiile sale de producere, transport și distribuție dispun de echipamente moderne și sînt exploatate la un înalt grad de tehnicitate.

ASIGURĂ

solicitanților proiectarea și executarea instalațiilor necesare pentru alimentarea cu energie electrică.

INTREPRINDEREA DE REȚELE ELECTRICE BAIA MARE
STR. VICTORIEI NR. 64

IPRS
BĂNEASA

ÎNTREPRINDEREA DE PIESE RADIO ȘI SEMICONDUCTORI BĂNEASA

STR. EROU IANCU NICOLAE NR. 32 • SECTORUL 2
TELEFON 33.38.30 • TELEX. 011203

produce:

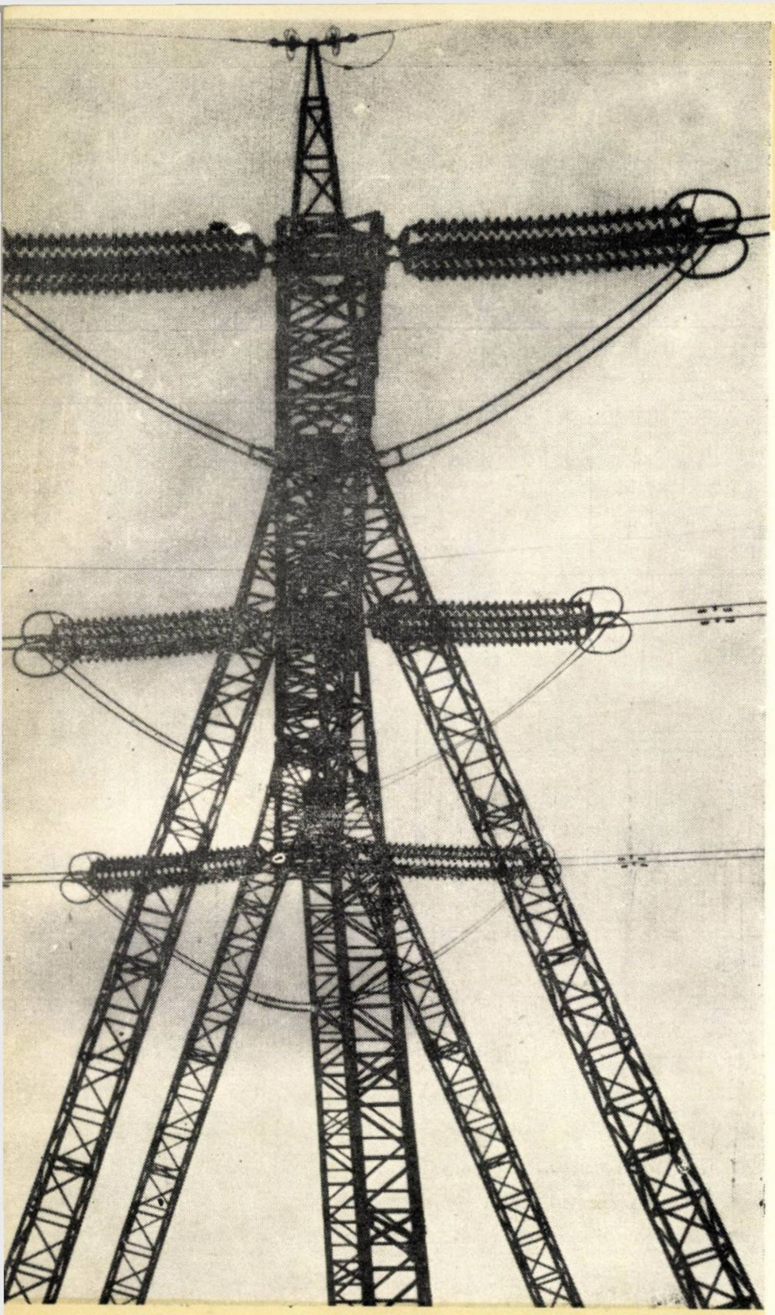
PIESE RADIO

- Rezistoare fixe cu peliculă de carbon
- Rezistoare bobinate
- Termistoare
- Condensatoare cu poliester
- Condensatoare cu polistiren
- Condensatoare electrolitice normale
- Condensatoare electrolitice miniatură
- Condensatoare ceramice
- Condensatoare cu hîrtie uz general
- Condensatoare cu hîrtie metalizate
- Condensatoare telefonice
- Condensatoare auto
- Condensatoare pentru tuburi fluorescente
- Cablaje imprimate

DISPOZITIVE SEMICONDUCTOARE

- Tranzistoare cu germaniu de joasă frecvență
  - — de mică putere
  - — de medie putere
  - — de putere
- Tranzistoare cu germaniu, de înaltă frecvență
  - — de mică putere
  - — drift de mică putere
- Diode cu germaniu cu contact punctiform
- Redresoare cu germaniu de medie putere
- Fotodiode cu germaniu
- Diode redresoare cu siliciu
  - — de mică putere
  - — de putere
- Diode Zener de mică putere

Întreprinderea de piese radio și semiconductori Băneasa

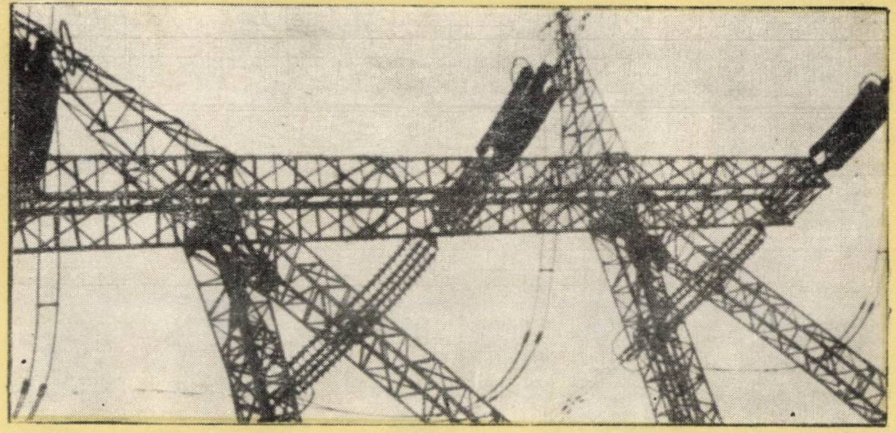


INTREPRINDEREA
ELECTROMONTAJ
CLUJ

Execută:

- linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV
- linii electrice de distribuție
- rețele electrice în cablu subteran pînă la 35 kV
- stații de transformare de 35—400 kV
- stații de distribuție și posturi de transformare
- rețele de iluminat public
- electrificări rurale

INTREPRINDEREA ELECTROMONTAJ
CLUJ Str. 30 Decembrie nr. 27



întreprinderea de rețele electrice

- proiectează, execută și exploatează posturi și stații de transformare; linii electrice aeriene și subterane; instalații de iluminat exterior; instalații electrice interioare
- execută încercări profilactice la aparatajul electric și verificări de protecții prin relee
- asigură buna deservire a consumatorilor de energie electrică din sectorul industrial, agricol și casnic din zonă

ire

Oradea

ÎNTREPRINDEREA DE REȚELE ELECTRICE ORADEA

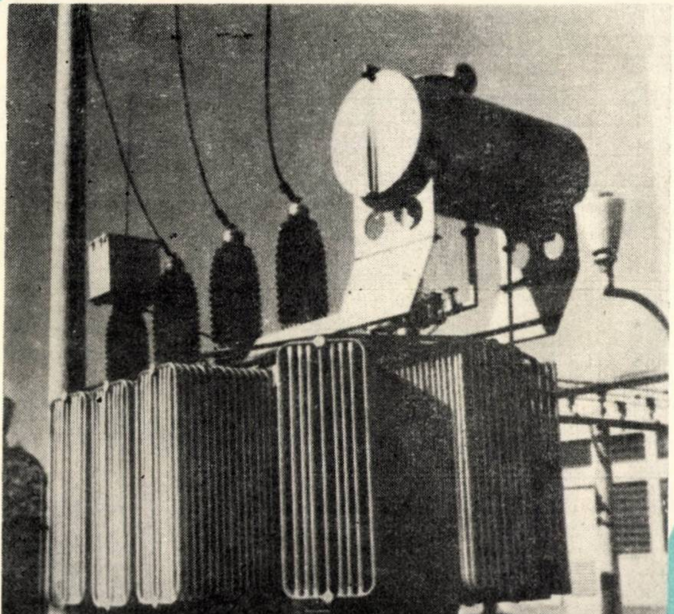
Str. Griviței 32

IRE
CLUJ

asigură alimentarea cu energie electrică din sistemul național a tuturor consumatorilor urbani și rurali din zonă, în condiții de siguranță și de calitate

proiectează linii electrice aeriene și subterane de înaltă, medie și joasă tensiune, stații și posturi de transformare, electrificări rurale, automatizări și modernizări în instalații

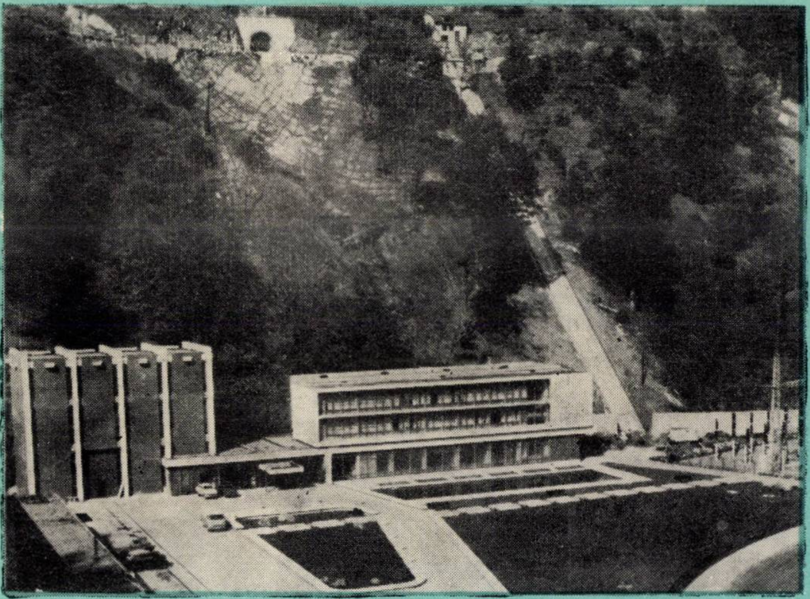
execută linii, stații și posturi de transformare, electrificări rurale, instalații electrice interioare în mediul urban și rural

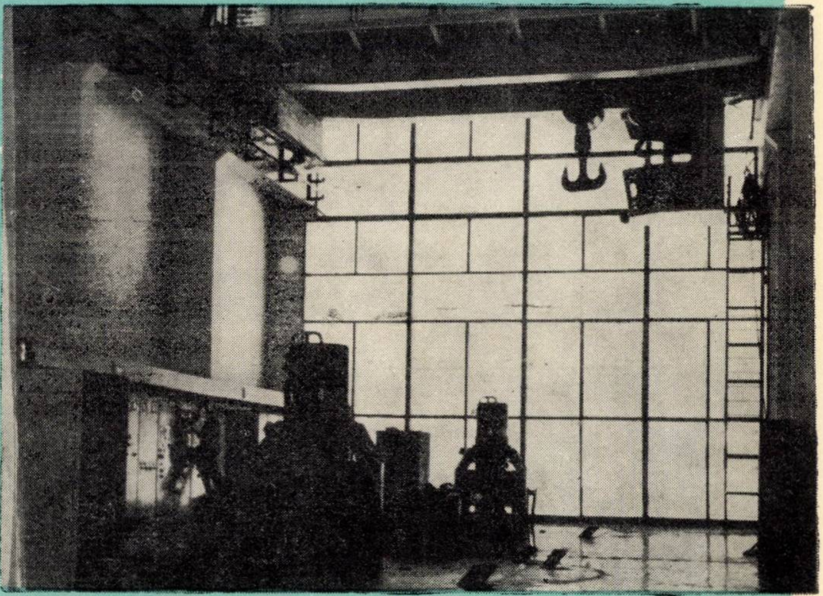


I.R.E. Cluj

ÎNTREPRINDEREA DE REȚELE ELECTRICE
Cluj, str. 30 Decembrie nr. 27, tel.: 239.90

I. C. H. RM. VÎLCEA



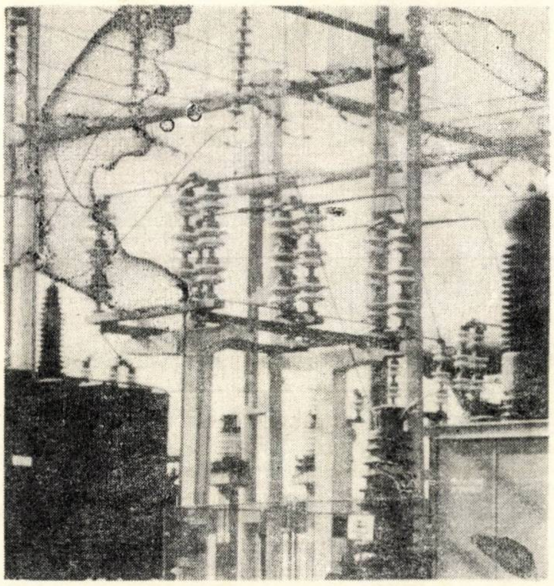


Centralele hidroelectrice ale ICH Rîmnicu Vîlcea furnizează energie electrică sistemului energetic național, fiind interconectate la acesta. Energia electrică furnizată asigură alimentarea cu energie electrică a consumatorilor industriali, agricoli și casnici din zonă.

Principala centrală – CHE Argeș – amenajată în subteran, are o putere instalată de 220 MW, în patru grupuri de 55 MW fiecare. Este automatizată și telemecanizată, asigurînd o funcționare continuă și energie electrică de calitate.

INTREPRINDEREA DE CENTRALE
HIDROELECTRICE R. VÎLCEA
Str. G-ral Magheru 19

IRE



PITEȘTI

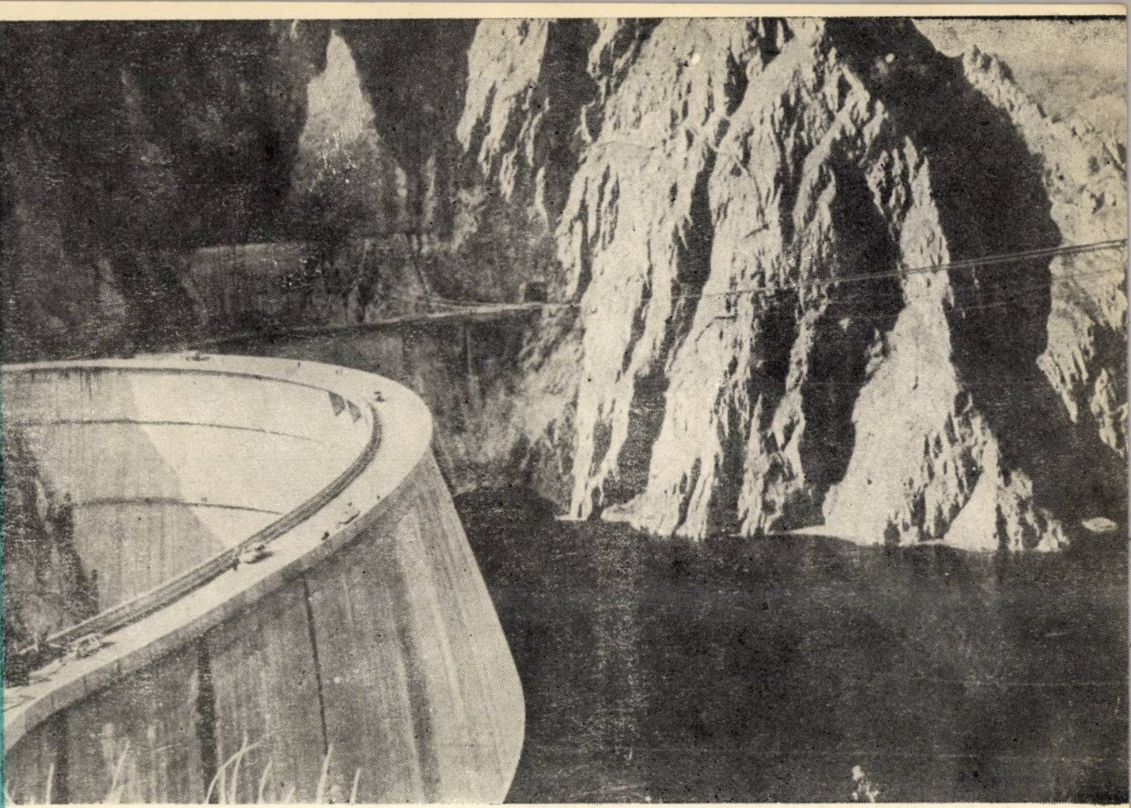
IRE PITEȘTI, prin instalațiile sale cu un inalt grad de tehnicitate, asigură, în bune condiții, alimentarea cu energie electrică a tuturor consumatorilor săi.

Prin unitatea sa de proiectare, asigură documentațiile pentru linii, stații și posturi de 110, 20 și 6 kV, electrificări rurale.

Prin loturile de instalații interioare, execută instalații interioare la unitățile socialiste și la abonații particulari.

ÎNTREPRINDEREA DE REȚELE ELECTRICE PITEȘ
Bd. Republicii 148

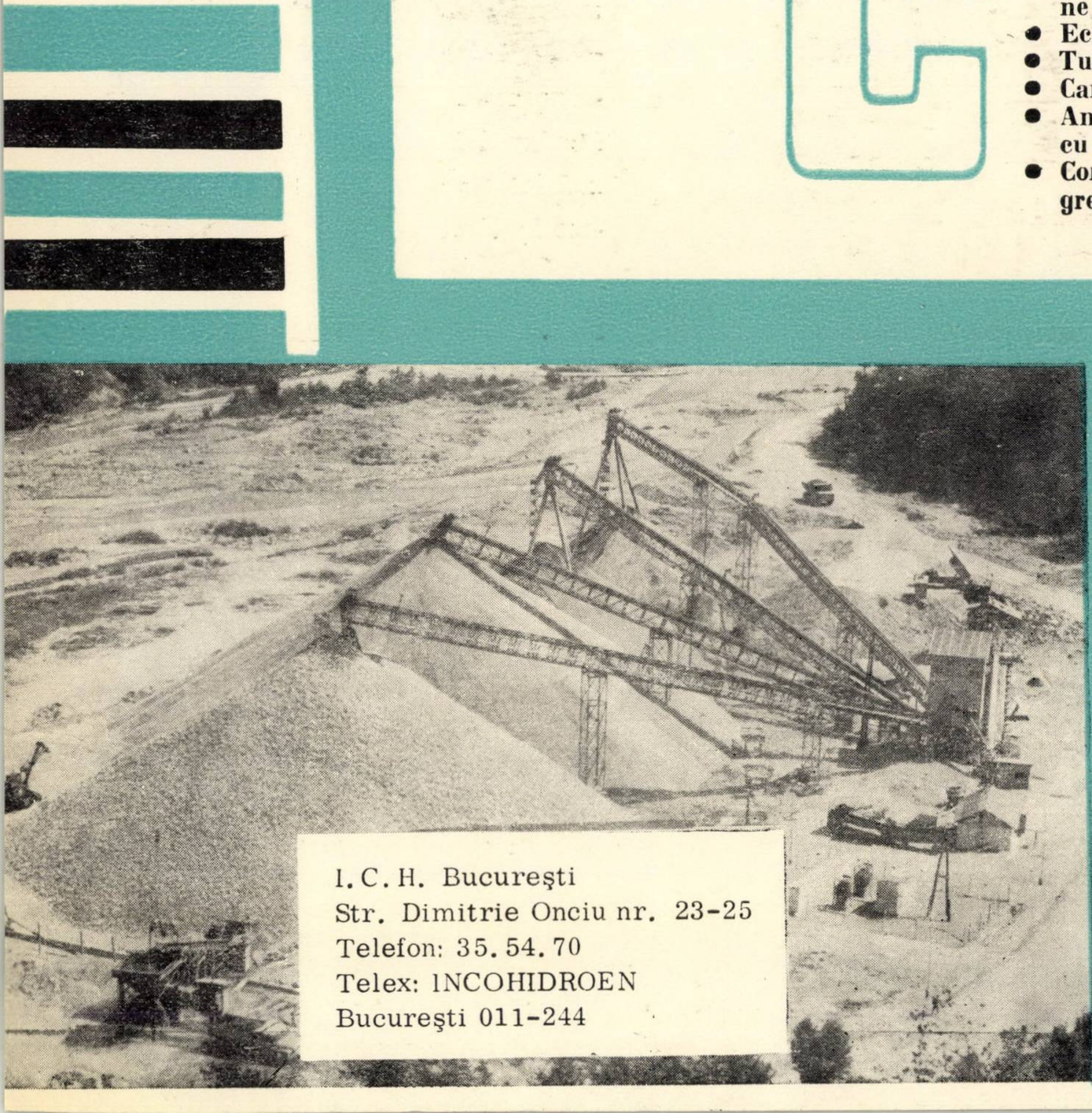
ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883



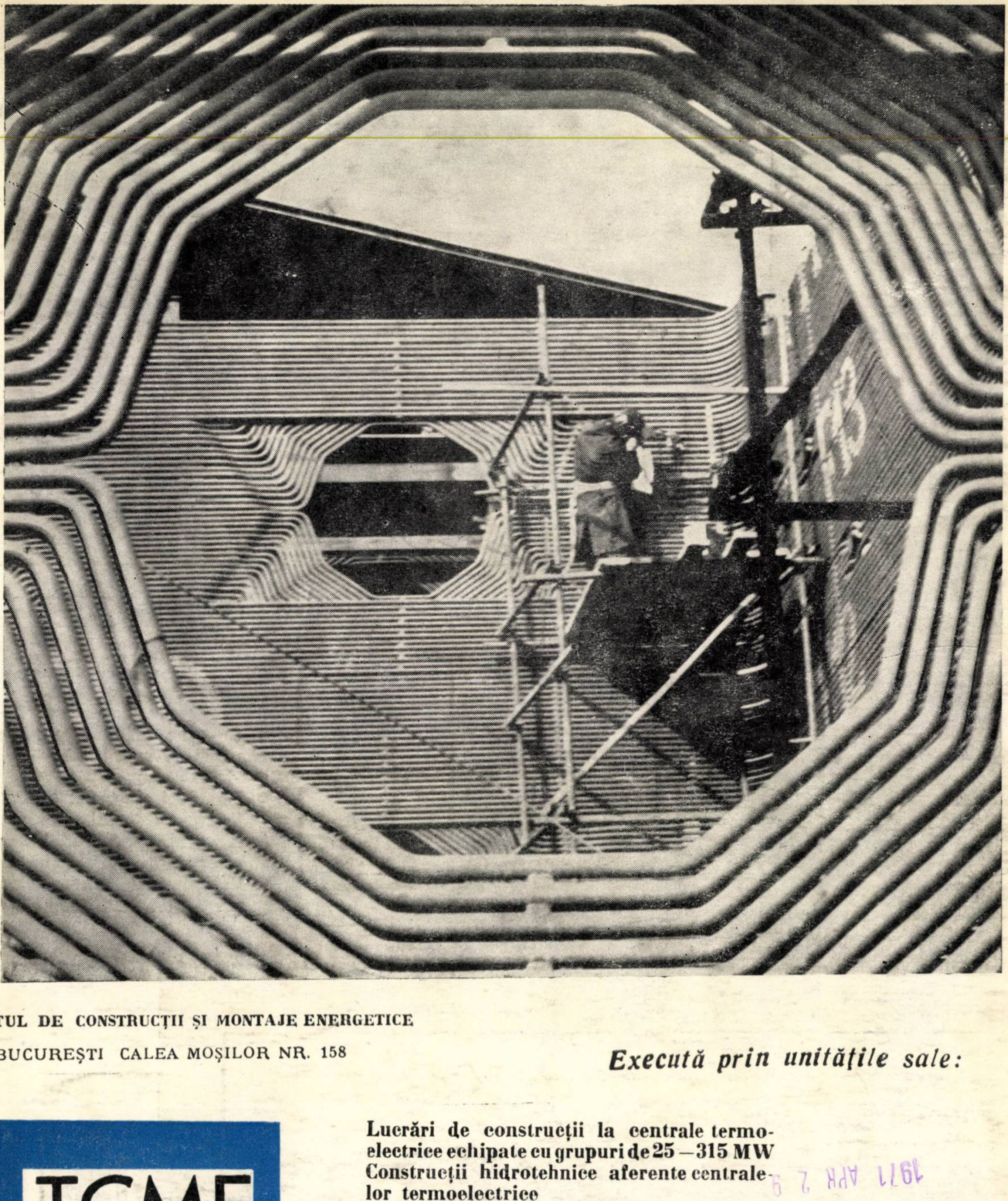
INTREPRINDEREA DE CONSTRUCTII HIDROENERGETICE

EXECUTĂ LUCRĂRI DE:

- **Baraje de toate genurile**
- **Centrale hidroelectrice subterane și de suprafață**
- **Ecluze**
- **Tuneluri și galerii hidrotehnice**
- **Canale și diguri**
- **Amenajări pentru alimentarea cu apă a marilor industrii**
- **Complexe pentru producerea agregatelor de betoane**



I. C. H. București
Str. Dimitrie Onciu nr. 23-25
Telefon: 35. 54. 70
Telex: INCOHIDROEN
București 011-244



TRUSTUL DE CONSTRUCŢII ŞI MONTAJE ENERGETICE

BUCUREŞTI CALEA MOŞILOR NR. 158

Execută prin unităţile sale:

TCME

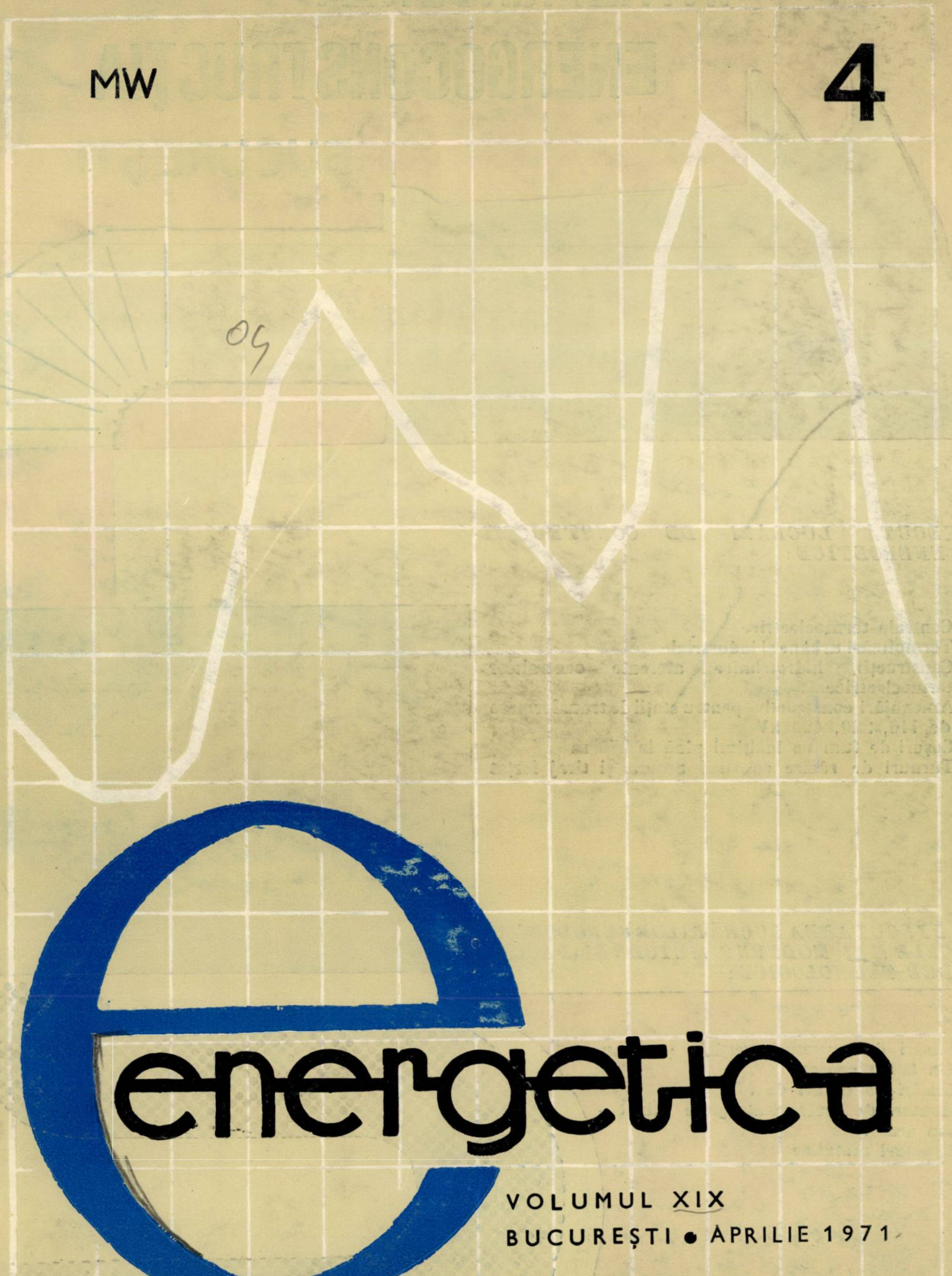
Lucrări de construcţii la centrale termoelectrice echipate cu grupuri de 25—315 MW
Construcţii hidrotehnice aferente centralelor termoelectrice
Staţii electrice de conexiuni interne şi externe de 20—400 kV aferente centralelor
Reţele de termoficare industrială şi urbană
Confecţii metalice aferente centralelor termoelectrice

Montaje de centrale termoelectrice echipate cu gru
puri de 25—315 MW şi centrale hidroelectrice d
5,5—170 MW
Instalaţii hidromecanice pentru centrale electrice
Instalaţii de automatizare, mecanizare, control pentr
centrale electrice

1971 APR 29

E 2039

4

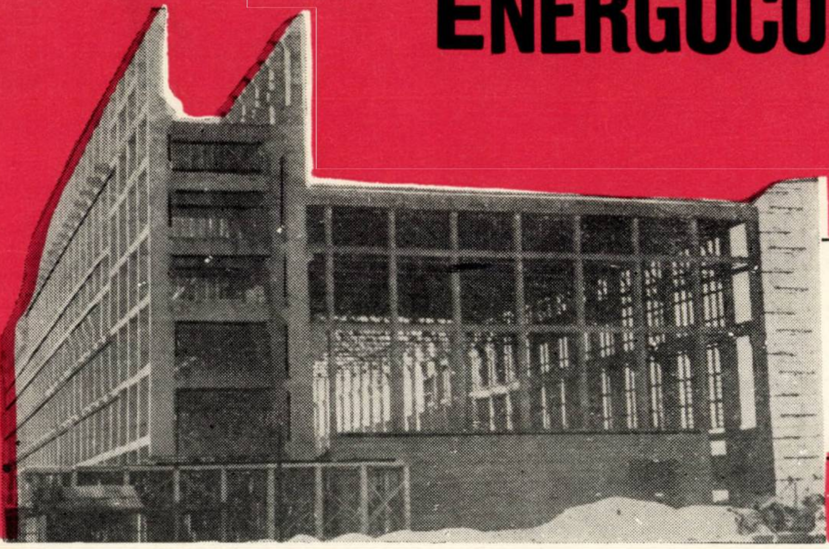

MW
0
6
12
18
24

04

energetica

VOLUMUL XIX
BUCUREŞTI • APRILIE 1971

ÎNTREPRINDEREA
ENERGOCONSTRUCŢIA
BUCUREŞTI



EXECUTĂ LUCRĂRI DE CONSTRUCŢII ENERGETICE:

- **Centrale termoelectrice**
- **Termoficări urbane şi industriale**
- **Construcţii hidrotehnice aferente centralelor termoelectrice**
- **Amenajări constructive pentru staţii de transformare de 110, 220, 400 kV**
- **Coşuri de fum cu înălţimi pînă la 250 m**
- **Turnuri de răcire cu tiraj natural şi tiraj forţat**

LA EXECUTAREA LUCRĂRILOR SE FOLOSESC CELE MAI MODERNE METODE ŞI PROCEDEE TEHNOLOGICE:

- **Glisări de structuri spaţiale şi plane din beton armat**
- **Glisări de coşuri de fum înalte**
- **Montare de prefabricate grele din beton armat**
- **Structuri metalice**

Cal. Dorobanţilor nr 105

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ȘI AL CONSILIULUI NAȚIONAL
AL INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

ANUL 19 Nr. 4 Aprilie

Cuprinsul

Pag.

Răduleț, R. — **Aspecte ale studiului siguranței în funcționarea instalațiilor energetice** 145—149

Stoica, Gh. și Baciu, A. — **Preocupări și realizări în mărirea gradului de siguranță** 150—151 **a alimentării cu energie electrică a marilor consumatori industriali** 151—154

Moldoveanu, N. — **Considerații generale privind efectele întreruperilor în alimentarea cu diverse forme de energie și diverse utilități și determinarea corespunzătoare a sistemelor de alimentare respective** 154—159

Nitu, V. I., Oprișan, Gh., Petrescu, A. M., Pipa. G. și Stein, M. — **Contribuții la stabilirea unei metodologii de calcul în alegerea schemelor electrice optime pentru centralele electrice** 159—168

Poeată, A. I., Ivas, D., Alexandrescu, Gh. V. și Cirțină, Gh. — **Contribuții la întocmirea și completarea modelului matematic pentru calculul siguranței optime în alimentarea cu energie electrică** 168—172

Neagu, E. și Udrescu, C. — **Schemele electrice de alimentare a unor mari consumatori industriali din orașul București** 172—177

Nitu, V. I. și Albert, H. — **Analiza eficienței economice a investițiilor cu considerarea siguranței în funcționare** 177—179

Rențea, D., Goldenberg, C., Ghioca, L., Stăncescu, M. și Vlădescu, A. — **Stabilirea soluțiilor optime ale profilului sursei de alimentare cu căldură a consumatorilor industriali în condiții de siguranță impuse** 180—187

Moțoiu, C. și Gheorghe, A. — **Analiza dimensionării sistemului de alimentare cu combustibil la o centrală de termoficare, legat de siguranța cerută de consumatori și de prezența combustibilului auxiliar** 187—192

RECENZII

COMITETUL DE REDACȚIE

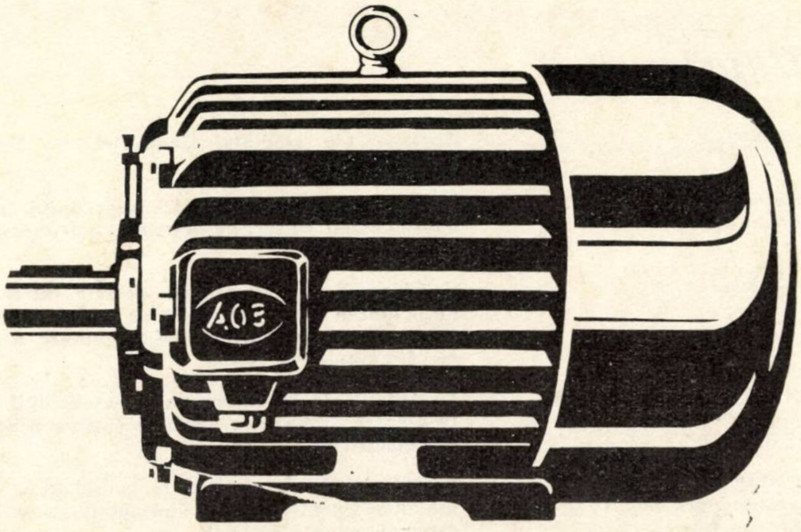
Prof. ing. I. D. STĂNCESCU, redactor responsabil, ing. G. IORGULESCU, redactor responsabil adjunct, conf. ing. I. A. BADEA, ing. ST. BERENGHI, conf. ing. A. COGĂLNICEANU, dr. ing. P. DIMO, membru corespondent al Academiei Republicii Socialiste România, laureat al Premiului de Stat, ing. H. FURTUNESCU, ing. P. IFTIME, ing. L. LUCA, ing. B. MARCU, dr. ing. A. MĂCRIȘ, conf. ing. C. MIHĂILEANU, conf. dr. ing. V. I. NITU, ing. A. SPÎNU, ing. R. ZANE

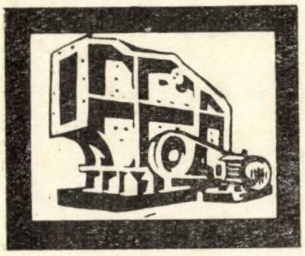
OFICIUL DE DOCUMENTARE ENERGETICĂ

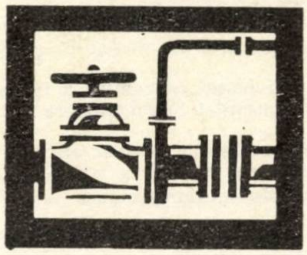
O SERIE NOUĂ DE MOTOARE ELECTRICE AO3, A3, AK3

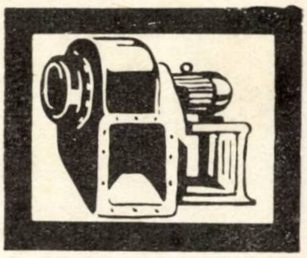
ENERGOMACHEXPORT LANSEAZĂ O GAMĂ NOUĂ DE MOTOARE TRIFAZATE CU ROTOR ÎN COLIVIE ŞI INELE COLECTOARE.

puterea — pînă la 500 kW
tensiunea — 220/380; 380/660 V
frecvenţa — 50 sau 60 Hz.









La cererea clientului, se pot livra la tensiuni de 230/400, 340/415 sau 500 V, pentru o frecvenţă de 50 Hz.

	Seria AO3 execuţie complet închisă 1R44	Seriile A3, AK3 execuţie semiprotejată 1R22/23
Viteza de rotaţie, rot/min	Puterea, kW	Putere, kW
3000	160—400	160—500
1500	160—400	132—500
1000	110—315	110—315
750	90—250	90—250
600	55—160	55—160
500	45—132	45—132

Dacă clientul doreşte, motoarele cu inele colectoare pit fi furnizate cu reostat. Cotele de gabarit sînt conforme recomandărilor CEI.

Exportator :

ENERGOMACHEXPORT

Str. Mosfilmovskaia 35
Moscova V—330, U.R.S.S.
Telex 255

PUBLICOM

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.31.004.2:519.2
Рэдулец, Р.: Аспэкты изучения надежности работы энергетических установок.
Energetica 19(1971), № 4, стр. 145—149

ДК 658.26 : 621.31
Стойка, Г. и *Бачиу, А.*: **Вопросы и достижения по улучшению надежности питания электроэнергией крупных промышленных потребителей.**

В статье рассматривается упомянутая деятельность, начиная с первого плана электрификации страны и до настоящего времени.
Energetica 19 (1971), № 4, стр. 151—154

ДК 658:26
Молдовяну, Н.: **Общее заключение, касающееся последствий из-за перерывов питания разными видами энергии и обеспечивания разными услугами; соответствующее определение вышеуказанных систем питания.**
Energetica 19 (1971), № 4, стр. 154—159

ДК 621.311.2 : 621.316.31 : 681.3
Ниту, В. И., *Опришан, Г.*, *Петреску, А. М.*, *Пипа, Г.* и *Штейн, М.*: **К вопросу разработки методологии расчёта для выбора оптимальных электрических схем на электростанциях.**

Рассматривается и предлагается алгорифм и программа расчета для определения общих показателей надежности у генерирующих блоков теплоэлектростанций.
Energetica 19 (1971), № 4, стр. 159—168

ДК 518 : 658.26 : 621.31
Поятэ, А. И., *Ивас, Д.*, *Александреску, Г. В.* и *Кырцинэ, Г.*: **К вопросу составления и комплектации математической модели для расчета оптимальной надежности питания электроэнергией.**

Из-за отсутствия необходимого количества данных для цифрового выражения связи между разными техническими и экономическими показателями, авторы рассматривают ряд кривых убытков, нанесенных экономике, имеющих место на ряде промышленных предприятий из-за перерывов в питании электроэнергией, а также приводятся экономические характеристики, касающиеся изменения убытка в зависимости от напряжения.
Energetica 19 (1971), № 4, стр. 168—172

ДК 621.316.31 : 658.26
Нягу, Е. и *Удреску, К.*: **Электрические схемы питания крупных промышленных потребителей города Бухареста**

На основании опыта проектирования и эксплуатации, авторы приводят заключения в связи с питанием электроэнергией крупных промышленных потребителей города Бухарест.
Energetica 19 (1971), № 4, стр. 172—177

ДК 65.011.44 : 658.14
Ниту, В. И. и *Альберт, Х.*: **Рассмотрение экономического эффекта капиталовложения в зависимости от надежности работы**
Energetica 19 (1971), № 4, стр. 177—179

ДК 658.26 : 621.1 : 662
Ренця, Д., *Гольденберг, К.*, *Гиока, Л.*, *Стэнческу, М.* и *Влэдеску, А.*: **Определение оптимальных решений профиля источника питания тепловой энергией промышленных потребителей в условиях предписанной надежности**

Оптимальное решение, предложенное автомрами получается путем проведения техническо-экономического расчета, в котором функция эффективности (расчетные годовые расходы) отражает также и надежность получаемую при каждом решении в отдельности. В статье приводится методология этого расчета на основании логических схем.
Energetica 19 (1971), № 4, стр. 180—187

ДК 621.311.22 : 697.34 : 662
Моцоиу, К. и *Георге, А.*: **Рассмотрение размерности системы питания топливом тепловой электроцентрали (ТЭЦ) в зависимости от надежности необходимой потребителями от наличия вспомогательного топлива.**
Energetica 19 (1971), № 4, стр. 187—192

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.31.004.2:519.2
Răduleţ, R.: **Einige Merkmale der Aufstellung der Energieanlangen Betriebssicherheit**
Energetica 19 (1971), H. 4, S. 145—149

DK 658.26 : 621.31
Stoica, Gh. und *Baciu, A.*: **Fragestellungen und Erfolge auf dem Gebiet der Erhöhung des Sicherheitsgrades der Energieversorgung von Industrie-Grossverbrauchern**

Der Beitrag enthält eine allgemeine Darstellung der Betriebs sicherheit der Energieversorgung seit Anlauf des ersten Elektrifizierungsplans Rumäniens.
Energetica 19 (1971), H. 4, S. 151—154

DK 658.26
Moldoveanu, N.: **Allgemeine Betrachtungen über die Wirkungen von Unterbrechungen in der Versorgung mit verschiedenen Energiearten**
Energetica 19 (1971), H. 4, S. 154—159

DK 621.311.2 : 621.316.31 : 681.3
Nitu, V. I., *Oprişan, Gh.*, *Petrescu, A. M.*, *Pipa, G.* und *Stein, M.*: **Beiträge zu einem allgemeinen Berechungsverfahren für die Wahl optimaler Schaltbilder von Kraftwerken**

Ein Algorythmus und ein Berechnungsprogramm werden vorgeschlagen für Ermittlung überschläglicher Kennzahlen der Betriebssicherheit von Generatorensätzen in Kraftwerken.
Energetica 19 (1971), H. 4, S. 159—168

DK 518 : 658.26 : 621.31
Poeată, A. I., *Ivas, D.*, *Alexandrescu, Gh. V.* und *Cirţină, Gh.*
Beiträge für Aufstellung und Ausarbeitung mathematischer Modelle für Berechnung der optimalen Betriebssicherheit in der Versorgung mit elektrischer Energie

In Ermangelung ausreichender Angaben für eine zahlenmässige Erfassung der Beziehungen zwischen verschiedenen technischen und wirtschaftlichen Faktoren, erörtert die Verfasser verschiedene Schaubilder, welche die in einigen grossen industriellen Betrieben infolge Unterbrechung der Elektrizitätsversorgung entstandenen wirtschaftlichen Verluste, sowie der Abhängighei zwischen Spannungsverlauf und Verlusten veranschaulichen.
Energetica 19 (1971), H. 4, S. 168—172

DK 621.316.31 : 658.26
Neagu, E. und *Udrescu, C.*: **Elektrische Schaltbilder von Anlagen für Versorgung industrieller Grossverbraucher mit elektrischer Energie in Bukarest**

Die Verfasser berichten über ihre Erfahrungen auf dem Gebiet der Projektierung und des Betriebs von Anlagen für Versorgung industrieller Grossbetriebe in Bukarest mit elektrischer Energie.
Energetica 19 (1971), H. 4, S. 172—177

DK 65.011. 44 : 658.14
Nitu, V. I. und *Albert, H.*: **Untersuchung der Wirtschaftlichkeit von Investitionen unter Berücksichtigung der Betriebssicherheit**
Energetica 19 (1971), H. 4, S. 177—179

DK 658.26 : 631.1 : 662
Renţea D., *Goldenberg, C.*, *Ghioca, L.*, *Stăncescu, M.* und *Vlădescu, A.*: **Ermittlung der optimalen Lösungen für Wärmeversorgungsanlagen für Industriebetriebe, bei Berücksichtigung bestimmter Sicherheitsbedingungen**

Das von den Verfassern vorgeschlagene auf einem logischen Schema aufgebaute Rechnungsverfahren geht aus einem technischen und wirtschaftlichen Gedankengang hervor, in dem die Funktion der Wirtschaftlichkeit (die in Rechnung gesetzten jährlichen Betriebskosten) auch die von jeder Lösung gebotene Betriebssicherheit ausdrückt.
Energetica 19 (1971), H. 4, S. 180—187

DK 621.311.22 : 697.34 : 662
Moţoiu, C. und *Gheorghe, A.*: **Untersuchung der Auslegung der Brennstoffversorgungsanlagen von Fernheiz-Kraft werken, im Zusammenhang mit der von den Abnehmern geforderten Betriebssicherheit, bei Vorhandensein einer zweiten Brennstoffart**
Energetica 19 (1971), H. 4, S. 187—192

SOMMAIRE

CD 621.31.004.2 : 519.2

Răduleț, R. : **Aspects de l'étude sur la fiabilité de fonctionnement des installations énergétiques**

Energetica 19 (1971), no. 4, p. 145–149

CD 658.26 : 621.31

Stoica, Gh. et *Baciu, A.*: **Augmentation du degré de fiabilité de l'alimentation électrique des grands consommateurs industriels. Préoccupations et réalisations**

Il s'agit d'une présentation générale depuis la période de début du premier plan d'électrification dela Roumanie jusqu'a nos jours.

Energetica, 19 (1971), no. 4, p. 151–154

CD 658.26

Moldoveanu, N : **Considérations générales sur les effets de l'interruption de l'alimentation avec différentes formes d'énergie et différentes utilités et établissement des systèmes d'alimentation respectifs adéquats.**

Energetica ,19 (1971), no. 4, p. 154–159

CD 621.311.2 : 621.316.31 : 681.3

Nitu, V.I., Oprișan, Gh., Petrescu, A.M., Pipa, G. et *Stein, M.* : **Contributions à l'établissemment d'une méthodologie de calcul pour le choix des schémas électriques optimum dans les centrales électriques**

Les auteurs analysent et proposent un algorithme et un programme de calcul pour établir les indicateurs généraux de sûreté des groupes alternateurs montés dans les centrales thermiques.

Energetica 19 (1971), no. 4, p. 159–168

CD 518 : 658.26 : 621.31

Poeată, A.I., Ivas, D., Alexandrescu, Gh. V. et *Cîrțină, Gh.* : **Contributions à l'étude et à la réalisation du modèle mathématique pour calculer la fiabilité optimum dans l'alimentation électrique**

Etant donné qu'on ne dispose pas de données suffisantes pour l'expression numérique des rapports entre les différents facteurs techniques et économiques, les auteurs présentent une série de courbes des dommages économiques provoqués dans quelques entreprises industrielles par les interruptions de l'alimentation électrique ainsi que quelques autres caractéristiques économiques sur la variation du dommage en fonction de la tension.

Energetica 19 (1971), no. 4, p. 168–172

CD 621.316.31 : 658.26

Neagu, E. et *Udrescu, C.* : **Schémas électriques d'alimentation de quelques grands consommateurs industriels à Bucarest**

Sur la base de l'experience gagnée pendant l'étude et l'exploitation, les auteurs offrent les conclusions atteintes sur l'alimentation électrique des grands consommateurs de la ville de Bucarest.

Energetica 19 (1971), no. 4, p. 172–177

CD 65. 011.44 : 658.14

Nitu, V. I. et *Albert, H.* : **L'analyse de l'efficacité économique des investissements sous considérations de la sûreté de fonctionnement**

Energetica 19 (1971), no. 4, p. 177–179

CD 658.26 : 621.1 : 662

Rențea, D., Goldenberg, C., Ghioca, L., Stăncescu, M. et *Vlădescu, A.* : **L'établissement des solutions optimum du profil de la source d'alimentation avec de la chaleur des consommateurs industriels dans les conditions de sûreté imposées**

La solution optimum proposée par les auteurs ressort d'un calcul technique et économique où la fonction d'efficacité (coûts annuels calculés) comprends l'aspect de la sûreté présentée par chacune des solutions. L'article présente la méthodologie de ce calcul sur la base de schémas logiques.

Energetica 19 (1971), no. 4, p. 180–187

CD 621.311.22 : 697.34 : 662

Moțoiu, C. et *Gheorghe, A.* : **L'analyse du dimensionnement du réseau d'alimentation avec du combustible dans une centrale à production combinée chaleur/force rapportée à la sûreté exigée par les consommateurs et l'existennce du combustible auxiliaire**

Energetica 19 (1971), no. 4, p. 187–192

CONTENTS

DC 621.31.004.2:519.2

Răduleț, R. : **Some aspects concerning the study of the power installations operating safety**

Energetica 19 (1971), nr. p. 145–149

DC 658.26 : 621.31

Stoica, Gh. and *Baciu, A.* : **An increase of the degree of safety of power supply to large industrial consumers,—preoccupations and achievements**

This is a general presentation starting from the beginning of first electrification plan of Romania up to the present time.

Energetica 19 (1971), nr. 4, p. 151–154

DC 658.26

Moldoveanu, N. : **Some general considerations regarding the effects of outage of several types of energy and various utilities and the correspondent establishing of the respective supply systems**

Energetica 19 (1971) nr. 4, p. 154–159

DC 621.311.2 : 621.316.31 : 681.3

Nitu, V. I., Oprișan, Gh., Petrescu, A. M., Pipa G. and *Stein, M* : **Contributions to a calculation methodology for the selection of optimal power diagrams for thermal power plants**

The authors analyse and propose an algorithm and a calculation program to establish general safety indicators for generator sets installed in power stations.

Energetica 19 (1971), nr. 4, p. 159–168

DC 518 : 658.26 : 621.31

Poeată, A. I., Ivas, D., Alexandrescu, Gh. V. and *Cîrțină, Gh.* : **Contributions to development and completion of the mathematical model for the calculation of optimal safety for the power supply**

As there are no sufficient data to numerically express the links between various technical and economic factors, the authors present a series of economic damage curves taken from several industrial enterprises following power supply outages as well as several economic characteristic curves regarding the variation of the damage with the voltage.

Energetica 19 (1971), nr. 4, p. 168–172

DC 621.316.31 : 658.26

Neagu, E. and *Udrescu, C.*: **The single-line diagrams of some large industrial consumers in the city of Bucharest**

On the basis of experience gained by design and operation, the authors present conclusions drawn about the power supply to large industrial consumers in the city of Bucharest.

Energetica 19 (1971), nr. 4, p. 172 177

DC 65.011.44 : 658.14

Nitu, V. I. and *Albert,* H. : **An analysis of the economic efficiency of investments considering operating safety**

Energetica 19 (1971), nr. 4, p. 177–179

DC 658.26 : 621.1 : 662

Rențea, D., Goldenberg, C., Ghioca, L., Stăncescu, M. and *Vlădescu, A.* : **Optimal solutions for the heat supply source of industrial consumers in compulsory conditions of safety**

The optimal solution offered by the authors results out of a technical-economic calculation in which the function of efficiency (annual calculated costs) also involves the aspect of safety as presented by each separate solution. The paper also presents the methodology of this calculation based on logical schemes.

Energetica 19 (1971), nr. 4, p. 180–187

DC 621.311.22 : 697.34 : 662

Moțoiu, C. and *Gheorghe, A.* : **The analysis of the dimensioning of the fuel supply system related to the safety degree request of consumers and the availability of an auxiliary fuel**

Energetica 19 (1971), nr. 4, p. 187–192

ASPECTE ALE STUDIULUI SIGURANŢEI ÎN FUNCŢIONAREA INSTALAŢIILOR ENERGETICE

Acad. Remus Răduleţ

Fiabilitatea — siguranţa în funcţionare — este un concept relativ nou, al cărui succes a fost însă extrem de rapid.

Problema fiabilităţii în sine nu este nouă, chiar dacă ar fi să ne gîndim numai că la sfîrşitul secolului trecut s-au făcut studii şi analize statistice extinse, legate de durata de viaţă a lămpilor cu incandenscenţă. Importanţa ei a crescut însă odată cu dezvoltarea şi creşterea complexităţii instalaţiilor tehnologice.

Utilajele militare care au fost introduse în cursul ultimului război mondial, instalaţiile electronice utilizate, care folosesc elemente de mare serie, au făcut să se acorde o atenţie deosebită problemei siguranţei în funcţionare.

Conceptul de fiabilitate în înţelesul său actual a apărut în jurul anului 1950, în legătură cu probleme de electronică, legat de aplicarea acesteia la rachete şi sateliţi, în aviaţie, în radar şi la calculatoarele cifrice. Aplicarea lui s-a putut extinde ulterior la toate categoriile de elemente şi complexe de elemente.

În particular, pentru sistemele electroenergetice mari, a căror exploatare poate fi întreruptă în fiecare moment prin refuzul unuia din numeroasele elemente de care depinde producerea, transportul şi distribuţia energiei, problema siguranţei în funcţionare este vitală.

Dezvoltarea rapidă a consumului de energie electrică şi de căldură, apariţia de mari combinate industriale metalurgice şi chimice, în care energia electrică are rolul de materie primă, a făcut necesară apariţia sistemelor energetice.

Justificată iniţial din punctul de vedere al economiei producerii energiei electrice, permiţînd montarea de grupuri de putere unitară mare, concentrate în centrale electrice de mare putere, interconexiunea dintre regiunile ţării şi, mai apoi, cea dintre sisteme energetice naţionale, a fost repede considerată ca un mijloc de mărire a continuităţii în alimentarea consumatorilor, de ridicare a calităţii energiei livrate.

Apariţia comenzii prin dispecer în ţara noastră, mai întîi pentru sistemele regionale (Muntenia 1952, Transilvania 1953 ş.a.) şi apoi a dispeceratului naţional (1955), a marcat o primă etapă în care, în mod organizat, s-a urmărit operativ asigurarea unui înalt grad de continuitate în alimentarea consumatorilor.

Introducerea automatizărilor de sistem, asociate cu calculatoare analogice şi numerice, cu instalaţii pentru culegerea datelor şi echipamente de control, supraveghere şi telecomunicaţii, a permis sporirea continuă a siguranţei în funcţionarea sistemelor energetice.

Tehnica mondială a expolatării marilor sisteme energetice prevede astăzi o supraveghere continuă a tuturor instalaţiilor prin intermediul unor calculatoare cifrice, cuplate „on line", care, pe baza datelor reale de funcţionare a sistemului, efectuează continuu controlul funcţionării sistemelor şi alarmarea operatorului la situaţii critice.

Siguranţa în funcţionare urmărită „în timp real" este însă numai un aspect al studiului fiabilităţii sistemelor.

Situaţia sistemului energetic, condiţiile lui „prezente" de funcţionare sînt determinate de studii anterioare de planificare a dezvoltării sale, de studii privind alimentarea cu energie electrică a fiecărui nod, a fiecărui consumator al sistemului energetic.

Evoluția energeticii a reclamat introducerea unor metode matematice de investigație, metode care nu aveau condiții să apară înainte ca o anumită experiență să fi fost cîștigată, înainte ca sinteza inductivă să fi deschis drumul raționamentului deductiv.

În România, primele preocupări legate de studiul siguranței instalațiilor energetice s-au întreprins în cadrul Institutului de energetică al Academiei R.S. România, începînd din anul 1956, în legătură cu siguranța schemelor de conexiuni ale stațiilor și stabilirea daunelor la consumatorii industriali ca urmare a întreruperii alimentării cu energie electrică, daune exprimate în lei/kWh de energie nelivrată.

De atunci, în legătură directă cu dezvoltarea instalațiilor energetice, cu cerințele mereu sporite ale consumatorilor, cu realizarea sistemului eneregtic național, preocupările au fost mult lărgite și își găsesc astăzi o aplicare concretă în studiile și proiectele legate de electrificarea țării.

Calculele de siguranță formează astăzi o parte integrantă din studiile de dezvoltare și structură a sistemului energetic întocmite de Institutul de studii și proiectări energetice, cum și din studiile de profil și de amplasare a marilor consumatori industriali, întocmite în institutele de proiectare ale altor ministere, această activitate preocupînd în același timp și catedre ale unor institute de învățămînt superior.

Consfătuirea de la Galați din octombrie 1970, cu tema „Siguranța în funcționare a instalațiilor energetice care alimentează cu energie electrică și căldură mari consumatori industriali", a fost deci o urmare firească a necesității unui larg schimb de păreri, a unui dialog rodnic între furnizorii de energie și consumatori, orientat spre îmbunătățirea deservirii consumatorilor de energie electrică și căldură în condițiile unei eficiențe economice maxime, stabilite pe baze științifice.

Comunicările prezentate la consfătuire confirmă perfecționarea continuă a modului de abordare a problemelor de siguranță în funcționare și aduc multe elemente de noutate, de contribuție românească originală atît în modul de tratare a siguranței în funcționare, cît și în valorificarea practică și în tratarea rezultatelor obținute, în vederea optimizării soluțiilor.

Dacă se definește fiabilitatea unui sistem tehnic drept proprietatea lui ca într-un interval de timp dat să funcționeze cu anumite probabilități în condiții de calitate date, siguranța apare caracterizată prin funcțiuni de probabilitate avînd ca variabile timpul și comportările posibile ale sistemului.

Aprecierea fiabilității se face deci prin indicatori numerici de natură probabilistică, printre care durata medie de funcționare într-un interval de timp, durata medie de defectare și numărul mediu de defecte (avarii) în același interval de timp, iar în cazul sistemelor energetice și probabilitatea ca puterea disponibilă să fie superioară puterii de vîrf, precum și indicele pe care-l reprezintă energia probabil asigurată, raportată la energia totală cerută în intervalul de timp respectiv.

Calculul acestor caracteristici este necesar a se face cu ajutorul modelelor probabilistice capabile ca, pentru diferite tipuri de instalații, să redea cît mai fidel stările prin care trece instalația într-un anumit interval de timp.

Alegerea celui mai adecvat model probabilistic pentru studiul diverselor probleme referitoare la anumite categorii de instalații a constituit o activitate intensă și meritorie în cadrul ISPE și este larg reflectată în referatele prezentate la consfătuire.

În căutarea posibilității de redare cît mai precisă a fenomenului prin modele matematice, astfel încît să se poată răspunde în primul rînd felului în care evoluează în timp stările prin care trece instalația, respectiv complexul de unități, s-au folosit și în țara noastră, la începutul introducerii calculelor de siguranță, modele matematice simple. Acestea au avut meritul de a facilita introducerea unor asemenea calcule în practica curentă și de a pune în lumină marile posibilități pe care acestea le oferă pentru proiectanți, ca instrumente de calcul obiective și eficiente, cu ajutorul cărora se puteau stabili noi și interesante criterii în aprecierea și alegerea diverselor variante și soluții.

Pe măsură ce studiile au evoluat s-a constatat însă că aceste mijloace de calcul, printre care și metoda binominală cunoscută sub denumirea de metoda „Calabrese", aplicată în prezent în studiul anumitor clase de probleme, e afectată pentru cazuri mai generale de unele limitări, cum sînt lipsa de informații asupra riscului de defectare într-un interval de timp scurt, sau lipsa informației asupra numărului de treceri ale ansamblului prin diverse stări, într-o perioadă de timp dată.

Trecerea unei instalații prin diferite stări (de funcționare sau de avariere) este aleatorie și poate fi descrisă de un proces stocastic.

Din studiile efectuate în ISPE a rezultat că pentru instalațiile electroeneregtice, în privința adîncirii investigațiilor, metoda bazată pe utilizarea proceselor stocastice de tipul Markov prezintă avantaje față de alte metode. Printre avantajele acestei metode se numără și acelea că ea urmărește evoluția în timp a comportării în funcționare a instalațiilor, că permite calculul unor indicatori numerici necesari pentru aprecierea siguranței unei instalații energetice și pentru alegerea soluțiilor optime din punctul de vedere tehnico-economic, precum și determinarea spectrului duratelor incidentelor și clasificarea acestora în funcție de durată. De altfel, avantajele acestei metode au determinat folosirea ei pentru calculul siguranței instalațiilor energetice în țări avansate din punctul de vedere tehnic, ca S.U.A., Canada și Japonia.

Deoarece pentru efectuarea calculelor de siguranță este necesară cunoașterea unor date statistice asupra comportării elementelor componente ale instalațiilor, este importantă organizarea unei evidențe statistice corecte și corelate cu metodele de calcul folosite. În cazul metodelor de calcul utilizate e necesară estimarea următorilor parametri : intensitatea de avariere, intensitatea de reparație, coeficientul de indisponibilitate, iar comportarea elementelor componente ale instalațiilor energetice — la nivelul de detaliere corespunzător—trebuie urmărită sub aspectul numărului de avarii și al duratei acestora, al perioadei reale de funcționare (exclusiv menținerea în rezervă planificată) și al reparațiilor planificate, observația trebuind să fie făcută asupra unui număr cît mai mare de elemente și pe o durată cît mai mare.

Nu trebuie înțeles însă că pînă la stabilirea unei largi baze informaționale nu pot fi și nu trebuie să fie folosite calcule de siguranță. Un asemenea punct de vedere ar conduce evident la un cerc vicios, dacă se ține seamă de faptul că, în evoluția actuală a tehnicii, tipurile de utilaje se modernizează și se schimbă foarte repede și că, deci, observații făcute asupra anumitor tipuri și mulțimi nu ar mai putea fi folosite la predeterminarea condițiilor de funcționrę a unor instalații echipate cu utilaje de tipuri mai noi.

Noile mijloace de calcul, calculatoarele electronice, pot fi folosite cu succes în studiul siguranței în funcționare, cum s-a evidențiat și în numeroase comunicări prezentate la consfătuirea de la Galați.

Algoritmele și programele existente permit o adîncire a studiului în funcție de necesități și de capacitatea calculatoarelor. De altă parte, ele permit efectuarea de studii parametrice (cu referire atît la calitățile aparatajului, cît și la pagubele rezultate din nesatisfacerea cerințelor consumatorilor), pe baza cărora să se poată aprecia calitățile schemelor analizate, influența caracteristicilor aparatajului și a modului de exploatare a acestuia asupra siguranței ansamblului, condițiile de siguranță ce trebuie să fie impuse diferitelor elemente ale complexului ș.a.

Așa cum era și firesc, dat fiind faptul că stabilirea unor metode de calcul al siguranței nu constituie un scop în sine, consfătuirea de la Galați, care s-a ocupat pe larg de metodele de calcul, nu a neglijat aspectul tot atît de important al corelării siguranței în funcționare, pe care o prezintă instalațiile, cu consecințele economice ale acesteia. O preocupare susținută a comunicărilor a constituit-o alegerea criteriilor după care se pot aprecia, din punctul de vedere tehnico-economic, de exemplu, soluțiile de realizare a sistemului energetic în ansamblu, a liniilor de energie și a stațiilor de conexiuni și de transformare, a centralelor electrice și a schemelor de alimentare a consumatorilor, care au un spectru foarte larg și complex de caracteristici de funcționare.

Caracteristica pagubelor provocate de nefurnizarea de energie, în funcție de durata întreruperii, constituie un element de bază în efectuarea unor analize tehnico-economice cu considerarea siguranței în funcționare. Această caracteristică poate privi ansamblul sistemului energetic — în lei/kWh energie nelivrată — sau fiecare consumator din sistem — în lei/kWh energie nelivrată sau lei/întrerupere.

Un criteriu reprezentativ pentru o anumită soluție aleasă ar putea fi funcțiunea de eficiență numită „cheltuieli anuale de calcul", determinată cu luarea în considerație a investițiilor și a cheltuielilor anuale cerute de obținerea gradului de siguranță a fiecărei variante, precum și a pagubelor rezultate din întreruperile corespunzătoare acestui grad de siguranță.

Din referatele prezentate și din discuții a reieșit că ceea ce se înțelege prin „grad de siguranță" — adică totalitatea indicatorilor de siguranță care caracterizează, într-un caz dat, comportarea instalațiilor sub aspectul continuității în funcționare — este necesar să fie determinat pe întregul lanț al instalațiilor, de alimentare și de utilizare, inclusiv receptoarele și instalațiile tehnologice. Trebuind să existe o corelație cît mai bună între gradele de siguranță ale tuturor elementelor din lanț, se cointeresează astfel consumatorul de energie la stabilirea celui mai judicios grad de siguranță.

Aceste probleme de reglementare a relațiilor dintre IRE și consumator au stat în centrul atenției consfătuirii. Trebuie ca, de o parte prin cunoașterea posibilităților sistemului și a cerințelor reale ale consumatorilor, iar de altă parte prin norme, eventual prin standarde, să se încerce o încadrare mai precisă a schemelor de alimentare a marilor consumatori industriali cu energie electrică și căldură. Trebuie nu numai ca sistemul energetic să răspundă cerințelor consumatorului, ci și consumatorul, înainte de a hotărî instalația tehnologică, să țină seamă de calculele de eficiență economică, de implicațiile pe care adoptarea unei variante tehnologice le are asupra instalațiilor necesare sistemului.

S-a remarcat tendința de a simplifica schemele de alimentare din sistem și de a trata, în condiții tehnico-economice optimizate în comun, atît schemele de alimentare din sistem, cît și instalațiile tehnologice ale consumatorilor, aceștia putînd să-și ia măsuri locale eficiente, fie de ordin tehnologic, fie de amenajare de surse locale de alimentare menite să reducă riscurile lor în alimentare, cu cheltuieli de investiție și de exploatare mai mici.

E foarte utilă și interesantă activitatea desfășurată la Institutul politehnic din Iași, referitoare la extinderea utilizării calculului probabilităților și la aspectele tehnico-economice determinate de variațiile produse în calitatea energiei livrate către consumatori, ale căror procese tehnologice pot fi puternic influențate nu numai de întreruperi totale — de durată mai lungă sau mai scurtă — în alimentare, ci, într-o măsură destul de mare, și de variațiile unor parametri determinanți pentru calitatea energiei livrate.

Aruncînd o privire asupra activității desfășurate pînă în prezent în țara noastră, se desprind în primul rînd două constatări esențiale :

a) S-a ajuns la elaborarea și însușirea unor metode de calcul corespunzătoare, pentru a se putea aborda, din punctul de vedere considerat, marea majoritate a problemelor din sistemul energetic național și din schemele de alimentare a consumatorilor de energie. Se impune deci ca aceste metode să fie valorificate prin introducerea lor generalizată, ca instrument de investigație în alegerea soluțiilor de amenajare a diferitelor tipuri de instalații energetice.

b) Cum orice metodă de calcul este susceptibilă de perfecționări și adaptări, este necesară continuarea și permanentizarea activității de investigație organizată a metodelor de calcul, îmbinată — pe baza experienței cîștigate — cu activitatea de aplicare în practică a rezultatelor noi ce se vor obține.

Se impune deci o organizare a activității viitoare cuprinzînd un cerc cît mai larg de specialiști, din toate compartimentele interesate, adică atît din ministerele de specialitate, cît și din institutele de învățămînt superior. Ea ar trebui să fie orientată în special spre următoarele obiective :

— Perfecționarea în continuare a metodelor de calcul, cu adaptarea lor la folosirea mijloacelor moderne de calcul, de la cele simple la cele mai complexe. În vederea punerii acestor instrumente de calcul la dispoziția unui cerc cît mai larg de tehnicieni, este necesară introducerea, pe baza unei fundamentări riguroase, a unor elemente de calcul tip, definite unitar, conținînd poate și simplificări, dar aproximațiile introduse fiind cunoscute și acceptate.

— Includerea, ca element esențial, în analiza tehnico-economică comparativă a diferitelor variante analizate, a consecințelor economice ale gradului de siguranță cerut sau obținut. Fără o apreciere cît mai completă a efectelor economice ale unei variante adoptate nu se poate face o optimizare propriu-zisă, ținîndu-se seamă de creșterea de investiții și de rezultatele obținute, ci numai o eșalonare arbitrară a variantelor analizate.

— Inițierea unor studii pentru stabilirea criteriilor după care trebuie apreciate siguranța în funcționarea consumatorilor și daunele provocate de întreruperile sau devierile de la parametrii nominali în furnizarea către ei a energiei electrice.

— Extinderea și aprofundarea cercetărilor, care au fost efectuate pînă în prezent numai asupra alimentării cu energie electrică, și asupra alimentării cu alte forme de energie.

— Extinderea și adoptarea modelelor matematice de calcul pentru cazul specific al calculelor de siguranță în instalațiile tehnologice ale centralelor nucleаro-electrice.

În încheierea acestei scurte treceri în revistă ne exprimăm satisfacția pentru interesul deosebit pe care largi cercuri de tehnicieni și matematicieni, din diverse domenii de activitate, l-au acordat problemelor analizei siguranței în funcționare a instalațiilor energetice. Consfătuirea reprezintă doar un prim punct de plecare pentru o activitate de mare importanță pentru toate sectoarele vieții economice, activitate care trebuie urmărită și continuată sistematic în viitor.

Lista referatelor prezentate la Consfătuirea tehnico-ştiinţifică „Siguranţa în alimentarea cu energie electrică şi căldură a marilor consumatori industriali" *)

Grupa A. **Metode de calcul al siguranţei în funcţionare**

1. V. I. Nitu, Gh. Oprişan, A.M. Petrescu, G. Pipa, M. Stein (ISPE — Bucureşti) : Contribuţii la stabilirea unei metodologii de calcul pentru alegerea schemelor electrice optime ale centralelor de termoficare.
2. A.I. Poeată, D. Ivas, G. V. Alexandrescu, Gh. Cîrţină (Institutul politehnic Iaşi) : Contribuţii la întocmirea şi completarea modelului matematic pentru calculul siguranţei în alimentarea cu energie electrică.
3. G. Manolescu, N. Bordeian (ISPE — Bucureşti) : Considerarea siguranţei în funcţionare în studiile privind dezvoltarea optimă a reţelelor de înaltă tensiune din sistemul energetic.
4. H. Albert (ISPE — Bucureşti) : Metodă de calcul al siguranţei conexiunilor energetice, utilizată în proiectare.
5. E. Arie (ICENERG — Bucureşti), A. Soci (ICPET — Bucureşti) : Folosirea unor indici economici nodali de siguranţă pentru coordonarea dezvoltării reţelelor sistemelor electroenergetice cu instalaţii de alimentare a marilor consumatori.
6. A. Cristovici, D. Necşulescu, A. Popescu (ISPE — Bucureşti) : Influenţa caracteristicilor LEA asupra numărului de declanşări la supratensiuni atmosferice.
7. L. Lup (IPSE — Bucureşti) : Model probabilistic de calcul al siguranţei alimentării marilor consumatori de energie electrică.

C. Petrescu, Z. Neag, E. Rosinger (ISPE — Bucureşti) :

8. Asupra aplicării metodei statistico-probabilistice pentru determinarea sarcinilor mecanice de calcul ale liniilor electrice aeriene în regiuni cu chiciură.
9. D. Renţea, C. Goldenberg, L. Ghioca, M. Stăncescu, A. Vlădescu (ISPE — Bucureşti) : Stabilirea soluţiilor optime ale profilului sursei de alimentare cu căldură a consumatorilor industriali în condiţii de siguranţă impuse.

Grupa B. **Condiţii şi criterii de considerare a siguranţei în funcţionare pentru stabilirea eficienţei economice**

1. V.I. Nitu, H. Albert (ISPE — Bucureşti) : Analiza eficienţei economice a investiţiilor cu considerarea siguranţei în funcţionare.
2. M. Petcu, A. Soci (ICPET — Bucureşti) : Evaluarea economică a efectelor întreruperilor în alimentarea cu energie electrică a întreprinderilor industriale.
3. H. Albert, M. Bogan (ISPE — Bucureşti) : Condiţii şi criterii de siguranţă pentru determinarea structurii reţelelor de distribuţie urbană de medie tensiune.
4. H. Albert, G. Pipa, Gh. Oprişan (ISPE — Bucureşti) : Date statistice necesare calculelor de siguranţă în funcţionare.
5. H. Albert, V. Negoiţă (ISPE — Bucureşti) : Condiţiile de siguranţă impuse de consumatori alimentării din sistem şi influenţa acestora asupra soluţiei adoptate.
6. I. Duţă, D. Amadu (Combinatul chimic Craiova) : Pierderi de producţie ale consumatorilor din sectorul chimic în caz de întrerupere a energiei electrice din sistemul energetic.
7. I. Nicolae (IPROCHIM — Bucureşti) : Principii de alegere a aparatajului electric destinat alimentării cu energie electrică a receptoarelor de categoria I din petrochimie.
8. A. Soci (ICPET — Bucureşti) : Introducerea evaluării economice a continuităţii alimentării electrice a consumatorilor în compararea variantelor de reţele electrice.
9. I. Vuza (ICEIPUE) : Efecte economice provocate de întreruperea alimentării cu energie electrică a procesului de fabricaţie a îngrăşămintelor azotoase.

Grupa C. **Analiza gradului de siguranţă obţinut în cazul unor scheme concrete**

1. Gh. Stoica, A. Baciu (CITDEE — Bucureşti) : Preocupări şi realizări în siguranţa în alimentare cu energie electrică a marilor consumatori industriali.
2. V. I. Nitu, M. Stein, A. M. Peterscu, Gh. Oprişan (ISPE — Bucureşti) : Studiul siguranţei în alimentarea cu energie electrică a unei platforme industriale.
3. C. Moţoiu, Gh. Adrian (Institutul politehnic Bucureşti) : Analiza dimensionării sistemului de alimentare cu combustibil la o centrală de termoficare legat de siguranţa cerută de consumatori şi de prezenţa combustibilului auxiliar.
4. P. Militaru, I. Chiriţă, C. Ţencu (ISPE — Bucureşti): Mărirea siguranţei în funcţionare a liniilor electrice aeriene prin considerarea rezultatelor de exploatare la proiectarea lor.
5. R. Bonnert, L. Pătrăşescu (IPIU — Bucureşti) : Asigurarea continuităţii în alimentarea cu energie electrică a unor consumatori vitali la FAS Bucureşti.
6. G. Bărbulescu, P. Stănescu, D. Moşteanu (IPROMET — Bucureşti) : Siguranţa în alimentarea cu energie electrică a Uzinei de oţeluri aliate.
7. Creţu Gh. (ISPE — Bucureşti) : Analiza condiţiilor de siguranţă în alimentarea Combinatului siderurgic Galaţi.
8. P. Ionescu, L. Marian (Combinatul siderurgic Galaţi): Scheme energetice realizate pe platforma Combinatului siderurgic Galaţi pentru mărirea gradului de siguranţă în alimentarea consumatorilor industriali.
9. M. Ciobanu, V. Negoiţă (ISPE — Bucureşti) : Scheme simplificate de 110 kV şi siguranţa acestora în alimentarea consumatorilor.
10. A. Cuşută, N. Disela, C. Muscalu (IPIMC — Bucureşti) : Alimentarea cu energie electrică a marilor consumatori din industria materialelor de construcţii.
11. A. Dagău, I. Lazăr (IRE Deva) : Siguranţa în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor siderurgici din zona Hunedoara.
12. A. Demetrescu, I. Duţă (Combinatul chimic Craiova) : Automatizări energetice în Combinatul chimic Craiova introduse în scopul măririi siguranţei în funcţionare.
13. N. Mironescu (IPROCHIM — Bucureşti) : Siguranţa în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor din industria petrochimică, prin utilizarea combinată a surselor proprii din sistemul energetic.
14. S. Moacă, P. Oţoiu (Combinatul siderurgic Hunedoara) : Consideraţii critice privind evoluţia în timp a schemelor utilizate pentru alimentarea cu energie a Combinatului siderurgic Hunedoara.
15. E. Neagu, C. Udrescu (IDE Bucureşti) : Scheme electrice de alimentare a unor mari consumatori industriali din oraşul Bucureşti.
16. I. Nicolae, I. Negoiescu, D. Vanopulos (IPROCHIM — Bucureşti) : Mărirea gradului de siguranţă în alimentarea cu energie electrică a receptoarelor de categoria I din GIP Borzeşti în perioada 1969 — 1975.
17. P. Ponoran, L. Marian (Combinatul siderurgic Galaţi) : Coordonarea operativă prin dispecer a exploatării instalaţiilor energetice din Combinatul siderurgic Galaţi—element important în mărirea gradului de siguranţă în funcţionare.
18. L. Oancea, N. Vladimir (IE — Ploieşti) : Creşterea siguranţei în alimentarea cu energie electrică şi căldură a platformei industriale Brazi.
19. E. Ritzinger (Combinatul siderurgic Galaţi) : Protecţia traductoarelor folosite în buclele de măsură, reglare, semnalizare şi calcul aferente instalaţiilor de alimentare cu energie termică a marilor consumatori industriali.
20. M. Voinea, N. Nicolescu, N. David, S. Lewy (ISPE — Bucureşti) : Încadrarea schemelor de transport al căldurii în ansamblul problemelor legate de siguranţa alimentării cu căldură a consumatorilor industriali.
21. D. Renţea, L. Ghioca, M. Stăncescu (ISPE—Bucureşti) : Stabilirea profilului unor centrale de termoficare industrială în condiţii economice, cu asigurarea siguranţei în alimentarea cu căldură.

---

*) Referatele se află la bibliotecile CNIT şi ISPE.

22. I. Gheorghiu (IRE Bacău), R. Coposu, O. Rosenberg ISPE — Bucureşti) : Analiza condiţiilor de siguranţă în alimentare şi evoluţia instalaţiilor energetice la Combinatul Săvineşti.

23. V. F. Bălan (ICENERG — Bucureşti) : Aspecte privind modificarea caracteristicilor fizico-chimice ale depunerilor provenite din arderea combustibililor în centrale în vederea măririi siguranţei în exploatarea cazanelor.

24. S. Florea, I. Dumitrache, V. Găburici (Institutul politehnic Bucureşti) : Utilizarea elementelor fluidice în scheme de comandă şi protecţie a unor instalaţii din sectorul energetic.

25. S. Tăbăcaru (ICENERG — Bucureşti) : Aspecte privind utilizarea uleiurilor de turbină aditivate.

26. M. Maftei (ICENERG — Bucureşti) : Mărirea gradului de siguranţă în funcţionarea instalaţiilor de tratare chimică a apei prin optimizarea procesului de coagulare.

27. E. Gatman (ICENERG — Bucureşti) : Mărirea siguranţei funcţionării turboagregatelor energetice prin utilizarea inhibitorilor de coroziune la decaparea suprafeţelor metalice.

28. V. Neaţu, D. Buliga (ICENERG — Bucureşti) : Verificarea siguranţei în exploatare a gospodăriilor de păcură existente în centralele electrice şi care vor utiliza drept combustibil păcura sulfuroasă.

Preocupări şi realizări în mărirea gradului de siguranţă a alimentării cu energie electrică a marilor consumatori industriali

Ing. Gh. Stoica şi ing. A. Baciu*)

Evoluţia societăţii contemporane marchează o strînsă corelaţie între dezvoltarea economică şi consumul de energie electrică. Partidul Comunist Român, înfăptuind o politică economică profund ştiinţifică, a indicat încă de la Conferinţa Naţională din 1945 că electrificarea ţării, considerată ca una dintre pîrghiile principale ale dezvoltării industriei socialiste, trebuie să se înscrie printre obiectivele de seamă în cadrul operei de făurire a unei economii prospere. Primul plan decenal de electrificare, Directivele Congresului al VIII-lea cu privire la dezvoltarea economiei naţionale în perioada planului de şase ani, Directivele Congresului al IX-lea cu privire la valorificarea resurselor energetice şi electrificarea ţării în perioada 1966—1975, precum şi Directivele Congresului al X-lea, orientează ferm energetica ţării noastre pe o perioadă de 30 de ani şi au stat la baza politicii de dezvoltare a sistemului energetic naţional.

Analizînd volumul important de fonduri alocate pentru lărgirea bazei energetice a ţării, şi anume în perioada 1950—1965 circa 18 400 milioane lei şi în perioada 1966—1970 circa 25 000 milioane lei, se poate explica dezvoltarea impetuoasă a surselor, a reţelelor de transport şi de distribuţie din ţara noastră.

Consumul total de energie electrică din România a crescut de la 2100 GWh în anul 1950 la 7600 GWh în anul 1960 şi la circa 34 700 GWh în anul 1970, iar pentru anul 1980 se prelimină a fi de circa 85 000 GWh.

Corespunzător creşterii consumului de energie electrică s-au amplificat şi instalaţiile de producere, transport şi distribuţie a energiei electrice. Astfel, pînă la sfîrşitul anului 1970 lungimea reţelelor de foarte înaltă tensiune (400—220 kV) a ajuns la circa 3100 km, cea a liniilor de 110 kV la circa 8300 km, iar cea a reţelelor de distribuţie de medie şi joasă tensiune la circa 145 000 km. Ţinînd seama de directivele de dezvoltare a sursei energetice, în perioada 1971—1975 se prevede o creştere importantă a liniilor de foarte înaltă tensiune (220—400 kV), cu circa 2600 km, precum şi a numărului şi a puterii instalate în staţiile de 400 şi 220 kV. Dacă pînă în anul 1970 exista numai o staţie de 400 kV, în actualul plan cincinal urmează a se construi 9 staţii de 400/220 kV, iar puterea totală instalată să ajungă la circa 5200 MVA. În anul 1971 va începe trecerea la 400 kV a principalelor reţele care actualmente funcţionează la 220 kV, urmînd ca în anul 1975 aproape întreaga reţea de 400 kV să funcţioneze la tensiune normală. Se prevede, de asemenea, dezvoltarea staţiilor de 220/110 kV de la 22 în anul 1970 la 44 în anul 1975, precum şi triplarea puterii instalate în aceste staţii.

Numărul staţiilor de transformare de 110 kV a crescut de la 119 în anul 1965 la 265 în anul 1970 şi se prevede o creştere la circa 515 la sfîrşitul actualului cincinal. De asemenea, lungimea reţelei de 110 kV, care o dată cu creşterea şi consolidarea sistemului de reţele de 400 şi 220 kV va deveni o reţea de distribuţie, a crescut de la 5600 km în 1965 la 8300 km în anul 1970 şi se prevede să ajungă la circa 13 900 km în anul 1975. Această reţea va asigura în principal alimentarea cu energie electrică a industriei.

Puterea solicitată în condiţiile de alimentare cu energie electrică impuse de consumatori necesită, aproape în toate cazurile, realizarea unor staţii şi linii de 110 kV pentru noile obiective industriale. Trebuie menţionat că industria modernă, cu dimensiunile şi cu pretenţiile ei în ceea ce priveşte siguranţa în alimentare, impune realizarea de racorduri de 110 kV (linii şi staţii de transformare) în locul cunoscutelor

---

*) Ing. **Gheorghe Stoica** este adjunct al ministrului energiei electrice iar ing. **Anibal Baciu** este directorul direcţiei de exploatare din CITDEE.

racorduri de pînă acum de 6—20 kV din rețelele de distribuție urbane și rurale.

Alimentarea cu energie electrică a marilor consumatori industriali s-a făcut inițial din stațiile de distribuție publică prin legături (fideri sau distribuitoare) pînă la stațiile de conexiuni ale acestora. Apariția unor uzine chimice și siderurgice cu puteri mari instalate și cu condiții de continuitate în alimentare sporite a dus la reconsiderarea în principiu a sistemelor de alimentare, realizîndu-se racorduri directe la 110 kV și injecții în sisetmul de 220 kV. De la început s-a adoptat principiul separării stațiilor de transformare industriale de cele publice, iar în prezent, mergînd pe aceeași linie, se caută simplificarea schemelor de racord adînc la 110 kV amplasate în centrul de consum și legate de stații de conexiuni zonale în care se face de obicei injecția de putere de la tensiunea de 220 kV. În felul acesta stațiile de conexiuni și injecțiile de la tensiuni superioare sînt amplasate în zone în care efectele poluării atmosferei sînt mai reduse.

În balanța pe țară a consumului de energie electrică, ramurile industriei, construcțiilor și transporturilor reprezintă 70%. Din analiza făcută pe baza studiului de dezvoltare a consumului în perioada 1971—1975 se apreciază că ponderea consumului industrial crește substanțial în special în unitățile industriale foarte mari. Dacă în anul 1969 existau 13 unități industriale care absorbeau fiecare, la consum de vîrf, o putere mai mare de 30 MW, însumînd un total de 1091 MW, se prevede ca în anul 1975 numărul acestora să crească la 35, cu o putere totală absorbită de circa 3600 MW. Se prelimină, de asemenea, ca 11 combinate să solicite puteri cuprinse între 100 și 400 MW, ceea ce impune ca sistemul de rețele de 400—220 kV să se dezvolte corespunzător noilor necesități. Aceste consumuri concentrate atrag după sine apariția unor noi injecții de putere de la tensiunea de transport la tensiunea de 110 kV, la care se face distribuția energiei electrice pe platformele industriale sau extinderea stațiilor de 220/110 kV existente.

Problemele principale care cer o rezolvare în privința alimentării cu energie electrică sînt următoarele :

– asigurarea unui grad înalt de siguranță în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor ;

– menținerea nivelurilor de tensiune de durată între anumite limite impuse de specificul receptoarelor ;

– reducerea la minimum a șocurilor de tensiune.

Ca urmare a unor înțelegeri între M.E.E., M.I.Ch., M.I.M., M.I.C.M. și M.I.L., au fost organizate analize complexe la marile platforme industriale în scopul stabilirii măsurilor de îmbunătățire în alimentarea cu energie electrică și căldură.

Analizele efectuate în perioada 1967—1970 la un număr de 22 de mari platforme industriale au scos în evidență unele probleme, dintre care o parte au fost rezolvate, iar altele sînt în curs de rezolvare. Cele mai importante măsuri de principiu rezultate din aceste analize, a căror rezolvare a condus la îmbunătățirea alimentării cu energie electrică, sînt următoarele :

— Adoptarea unor scheme îmbunătățite pentru asigurarea a două căi distincte de alimentare, măsură ce a fost realizată prin modificarea schemelor primare sau prin utilizarea unor protecții de separare rapidă și a unei automatici de anclanșare pe diferitele trepte ale schemei.

— Simplificarea instalațiilor de înaltă tensiune din incintele industriale prin folosirea racordurilor adînci din stații de transformare puternice de sistem, amplasate în exteriorul zonelor industriale.

— Mărirea izolației în instalațiile electrice din incintele industriale supuse poluării atmosferei de către agenții nocivi emanați de procesele tehnologice (înlocuirea izolației existente cu o izolație avînd o linie de fugă mărită, adăugarea unor izolatoare suplimentare, folosirea unsorilor siliconice etc.).

— Evitarea folosirii transformatoarelor cu trei înfășurări, care au reprezentat puncte slabe în schemele unor instalații de alimentare a marilor combinate.

— Corelarea protecțiilor prin relee din instalațiile consumatorilor cu protecțiile folosite în instalațiile sistemului energetic, astfel încît să se evite declanșările neselective ale instalațiilor.

— Înlocuirea unor utilaje energetice cu parametri necorespunzători și cu performanțe scăzute (întrerupătoare, separatoare, reductoare de tensiune și curent, descărcătoare etc.).

— Îmbunătățirea relațiilor de colaborare între exploatarea instalațiilor de sistem și instalațiile consumatorilor, prin elaborarea unor instrucțiuni și convenții precise între dispecerul de sistem și cel al combinatului, crearea unor legături telefonice operative, dotarea cu utilaje și aparate de exploatare corespunzătoare etc.

— Reanalizarea schemelor de distribuție și a aparatajului consumatorilor, astfel încît șocurile de tensiune și pauzele date de automatica de sistem să nu conducă la întreruperea procesului tehnologic.

În ansamblul măsurilor de asigurare a continuității în alimentarea cu energie electrică a marilor consumatori industriali, pe lîngă măsurile organizatorice și tehnice concrete luate în instalațiile de alimentare a acestora, se remarcă importantele acțiuni întreprinse, începînd din anul 1967, în scopul îmbunătățirii stării tehnice a instalațiilor aflate în exploatare. Aceste acțiuni, asigurate cu fonduri de producție, reparații capitale și investiții, constituie pentru întreprinderile de rețele electrice și C.I.T.D.E.E. sarcini de plan concrete, pentru realizarea lor luîndu-se cele mai eficiente măsuri de organizare a proceselor tehnologice. Ele urmăresc în mod deosebit îndepărtarea principalelor deficiențe manifestate în instalațiile electroenergetice, care în majoritatea cazurilor au condus fie la întreruperi în furnizarea energiei electrice, fie la o calitate necorespunzătoare a livrării Considerînd că pentru îmbunătățirea continuității în alimentarea cu energie electrică, o condiție esențială este cunoașterea aprofundată a cauzelor incidentelor, în scopul prevenirii lor prin măsuri tehnice și organizatorice, Ministerul Energiei Electrice a elaborat un regulament care reglementează sistemele de analiză și evidență a incidentelor de exploatare din instalațiile de producere, transport și distribuție a energiei electrice și a căldurii.

Pe baza acestui regulament, fiecare incident produs în exploatare comportă o analiză tehnică de detaliu efectuată la nivelul unității în care acesta s-a produs, stabilind cauza, forma de manifestare, deteriorările de utilaj survenite, condițiile meteorologice în care a avut loc, precum și măsurile necesare pentru prevenirea altor incidente similare etc. Aceste date sînt înscrise în fișe tehnice, fiecărui incident corespunzîndu-i o fișă care este analizată periodic de o comisie a întreprinderii. Se efectuează lunar o centralizare a fișelor de incidente și a datelor rezultate din analiza deteriorărilor de utilaje, care, fiind codificate, se transmit la I.S.P.E. (centrul de calcul), pe baza lor elaborîndu-se studiul statistic trimestrial și anual al incidentelor care arată principalele cauze ale incidentelor respective.

O dată cunoscute cauzele, prin studii de aprofundare se stabilesc și măsurile pentru înlăturarea lor. În acest domeniu, în special în problema îmbunătățirii calității aparatajului și a materialelor utilizate, fabricilor producătoare le-au putut fi propuse — și, în parte, aplicate — o serie de măsuri menite să ridice calitatea produselor respective.

S-a considerat, de asemenea, ca fiind foarte utilă (și pînă în prezent a dat rezultate bune) stabilirea unui circuit informațional cu privire la măsurile și rezultatele obținute pe linia prevenirii incidentelor de exploatare și a deranjamentelor. Acest circuit informațional asigură fiecărei subunități de exploatare a rețelelor electrice din cadrul M.E.E. datele de bază din care rezultă poziția respectivei subunități comparativ cu celelalte și cu rezultatele generale obținute pe țară, precum și principalele direcții în care trebuie îndreptată atenția.

În același timp, această informare constituie și un imbold în obținerea unor rezultate mai bune în activitate, pentru atingerea unor performanțe la nivelul tehnicii mondiale. Informarea reciprocă ajută și la lărgirea sferei de cunoștințe ale personalului, întrucît prezintă rezultatele nu sub o formă statistică fără conținut, ci comentate, cu explicațiile necesare privind obținerea rezultatelor respective și măsurile pentru îmbunătățirea acestora.

În afara acestor sisteme, cunoscînd importanța asigurării continuității în alimentarea cu energie electrică a marilor consumatori industriali, între Ministerul Energiei Electrice și ministerele tutelare ale acestor consumatori au fost stabilite convenții de analiză a incidentelor. În general, aceste convenții prevăd analize reciproce ale situațiilor de incident produse în instalațiile de alimentare, precum și în cele de consum al energiei electrice și termice. În acest fel fiecare incident este analizat de o comisie mixtă compusă din delegații întreprinderii furnizoare și ai celei consumatoare. Se analizează împrejurările în care s-a produs incidentul, cauza lui, modul în care a acționat personalul de exploatare, pierderile provenite din deteriorările de utilaj și stagnările de producție, stabilindu-se răspunderile și, în același timp, noi măsuri tehnice și organizatorice menite să contribuie la înlăturarea altor incidente similare.

În vederea desfășurării unei activități corespunzătoate în deservirea instalațiilor, condiție esențială pentru asigurarea continuității în alimentarea cu energie electrică, s-au impus măsuri și în privința pregătirii personalului. În acest sens, Ministerul Energiei Electrice a elaborat în anul 1968 un regulament care reglementează selecționarea, perfecționarea pregătirii și instruirea personalului din întreprinderile de rețele electrice.

Regulamentul recomandă ca în funcția de electrician să se angajeze numai personal calificat prin școli profesionale de specialiatate.

În vederea perfecționării în producție, pentru toate categoriile de salariați în specialitate (muncitori, maiștri, ingineri), regulamentul prevede o perioadă de stagiu și practică de la 6 luni pînă la 3 ani.

Pentru perfecționarea personalului muncitoresc ajuns în ultimele categorii de salarizare, personal care are un rol important în organizarea și supravegherea lucrărilor (șefi de echipă, maiștri și tehnicieni), s-a introdus perfecționarea prin sesiuni pe o durată de două săptămîni, organizate periodic la doi ani. Această formă de pregătire suplimentară are drept scop însușirea de noi cunoștințe de tehnologie, metodologie și conducere a lucrărilor, precum și generalizarea experienței practice a salariaților.

Un rol deosebit de important în pregătirea profesională a angajatului îl are studiul individual, completat cu instruirea profesională și de protecție a muncii, pe care conducătorii proceselor tehnologice sînt obligați a o efectua la angajare, periodic sau la schimbarea locului de muncă al salariaților. Instruirea se face diferențiat, în funcție de domeniul de activitate a salariatului. Un accent deosebit se pune pe aspectul practic al instruirii muncitorilor electricieni, în acest scop întreprinderile fiind dotate în cadrul subunităților lor cu poligoane de instruire.

Pentru a verifica nivelul de cunoștințe profesionale și de protecție a muncii, precum și modul în care salariații se preocupă de perfecționarea pregătirii lor, toți salariații sînt supuși anual unei verificări a cunoștințelor profesionale și de protecție a muncii, stabilindu-se măsura în care aceștia pot să-și desfășoare sau nu activitatea la un nivel corespunzător. Verificările periodice se desfășoară organizat, acordîndu-se o deosebită atenție exigenței și obiectivității comisiilor de examinare.

Urmarea practică a acestui mod de preocupare pentru calificarea profesională a personalului a fost reducerea substanțială, în ultimul an, a incidentelor din instalațiile electroenergetice. Astfel, în cursul semestrului I al anului 1970 numărul de incidente încadrate la aceste cauze prezintă o scădere cu circa 30% față de aceeași perioadă a anului 1969.

La angajare, selecționare, perfecționare și instruire se manifestă o exigență deosebită față de personalul de exploatare și întreținere a stațiilor de transformare, știut fiind că efectele unor incidente de exploatare în acest gen de instalații sînt cu mult mai mari decît în cazul unor instalații de distribuție.

Prin aplicarea măsurilor menționate, condițiile alimentării cu energie electrică s-au îmbunătățit simțitor, numărul de incidente s-a redus, durata intreruperilor a scăzut la jumătate, iar energia nelivrabilă s-a redus substanțial.

În acest articol au fost evidențiate principalele căi organizatorice, care, urmărite cu perseverență, pot conduce și în viitor la ridicarea permanentă a gradului de siguranță în alimentarea cu energie electrică a marilor consumatori industriali.

Se subliniază în mod special măsurile necesare pentru ca șocurile de tensiune și pauzele de automatică din sistemul energetic național, inevitabile în funcționare, să nu producă întreruperi în procesul tehnologic. Acestea trebuie însă corelate, pe de o parte, cu îmbunătățirea continuă a concepției schemelor de alimentare cu energie electrică, iar pe de altă parte cu cercetarea și analiza schemelor de distribuție din interiorul marilor platforme industriale.

Considerații generale privind efectele întreruperilor în alimentarea cu diverse forme de energie și diverse utilități și determinarea corespunzătoare a sistemelor de alimentare respective

Ing. N. Moldoveanu*)

1. Efectele întreruperilor și limitărilor în alimentare și ale livrării cu parametri necorespunzători a energiei sau a celorlalte utilități; factorii de care depind aceste efecte

1.1. *Efectele întreruperilor asupra consumatorilor*

Eficiența și siguranța în funcționare a proceselor tehnologice industriale și similare, a ansamblului fiecăreia din întreprinderile respective, sînt strîns legate de continuitatea alimentării cu diverse forme sau purtători de energie și cu alte utilități. Întreruperea alimentării poate avea, în general, la consumatorul afectat, în funcție de specificul tehnologic al procesului și al felului de energie sau de utilitate întrerupt, unul sau mai multe dintre următoarele efecte:

a) fenomene ce pot duce, între altele, la pierderi de vieți omenești (explozii, incendii, degajări de substanțe grav nocive etc.);

b) distrugeri sau avarieri de utilaje, instalații sau alte fonduri fixe, a căror reparare sau înlocuire necesită cheltuieli importante, precum și reducerea (eventual pînă la zero) a unor capacități de producție pe durata înlocuirii sau a reparării fondurilor fixe afectate;

c) nerealizări de producție, pe durata cumulată a întreruperii alimentării și a perioadei de reluare a procesului de producție tehnologic (din momentul restabilirii alimentării și pînă la atingerea parametrilor cantitativi și calitativi anteriori apariției întreruperilor), aceste nerealizări reprezentînd o pagubă egală cu suma următoarelor elemente:

— beneficiul ce s-ar fi realizat prin desfacerea produselor nerealizate;

— cheltuielile de amortizare, de salarii și generale, care, conform structurii prețului de cost al producției industriale nerealizate, ar fi trebuit să afecteze această producție și care, în condițiile nerealizării ei, afectează producția realizată sporindu-i prețul de cost;

— valoarea pagubelor suferite de clienții cărora nu li s-au livrat produsele contractate şi care, la rîndul lor, nu şi-au putut realiza producţia, precum şi de clienţii succesiv afectaţi în mod asemănător[*];

---

*) Ing. Nicolae Moldoveanu este inspector general adjunct al Inspecției generale energetice din Ministerul Energiei Electrice.

d) alte cheltuieli neproductive, şi anume pierderi (rebuturi) de produse finite degradate de însăşi întreruperea procesului tehnologic, sau voit degradate pentru a evita efecte mai grave (explozii, incendii, pierderi de vieţi omeneşti, distrugeri sau degradări de fonduri fixe), cît şi pierderi de produse în curs de prelucrare tehnologică şi consumuri materiale şi energetice suplimentare din perioada de reluare a proceselor tehnologice, sau care servesc — în această perioadă şi în perioada lipsei de alimentare — la menţinerea procesului tehnologic într-un stadiu care să permită reluarea şi realizarea mai devreme a procesului şi a parametrilor săi anteriori întreruperii.

Efectele de la punctele b) ... d) au un caracter pur economic, spre deosebire de cele de la punctul a), care au şi un grav caracter social.

Efectele de la punctele a) ... d) nu apar, de obicei, decît dacă durata întreruperii depăşeşte un anumit timp (fracţiuni de scundă ... ore) specific fiecărui proces şi fiecărei forme de energie sau utilitate; mărimea cumulată a efectelor economice negative de la punctele c) şi d) creşte în timp cu durata totală a întreruperii alimentării, creşterea putînd fi în trepte, iar între trepte — liniară sau curbilinie (asimilabilă practic cu o variaţie liniară). În figura 1 se dă un exemplu de tipul celor care se întîlnesc adesea în procesele chimice. În multe procese tehnologice, durata de reluare a procesului, după restabilirea alimentării, este practic zero sau foarte mică (de ordinul minutelor) şi independentă de durata întreruperii alimentării; de obicei, în asemenea procese, efectele de la punctele a), b) şi d) nu există; în schimb, la multe alte procese durata de reluare a acestora poate fi mare sau foarte mare (ajungînd de ordinul orelor sau zecilor de ore, chiar pentru întreruperi în alimentarea cu energie electrică de ordinul fracţiunilor de secundă) şi crescînd cu durata întreruperii în alimentare.

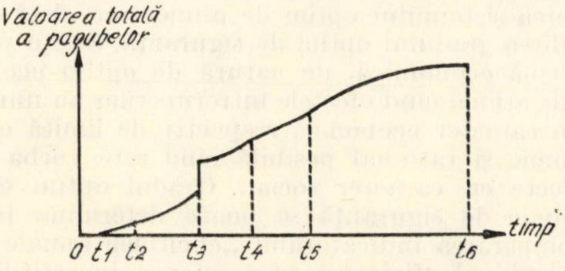


Fig. 1

0 — momentul producerii întreruperii; t_5 — momentul restabilirii alimentării; t_6 — momentul restabilirii parametrilor procesului la nivelul avut în momentul 0; t_1, t_2, t_3, t_4 — momente specifice în evoluţia efectelor. Scara timpului este deformată.

Momentul apariţiei efectelor de la punctele a) ... d), durata de reluare a procesului tehnologic şi amploarea efectelor pot depinde şi de faza în care se găsea procesul tehnologic considerat în momentul întreruperii alimentării, precum şi, eventual, de cantitatea de care se dispunea, în acelaşi moment şi ulterior, de alţi anumiţi agenţi energetici (sau utilităţi) decît cel întrerupt. Mărimea efectelor economice are, de aceea, un caracter net probabilistic; ea trebuie deci să fie determinată pentru situaţia normală medie ponderată în timp a elementelor menţionate, aceasta prezentînd probabilitatea maximă de realizare.

1.2. *Efectele întreruperilor asupra furnizorilor de energie sau de alte utilităţi*

Întreruperile în alimentarea cu energie sau utilităţi produc efecte economice şi în sectorul de producere a acestora. Dacă producerea se face în instalaţiile proprii ale consumatorului, ele sînt incluse indirect în beneficiul nerealizat prin nelivrarea producţiei industriale. Dacă alimentarea se face din instalaţiile unui furnizor extern (cum este cel mai adesea cazul alimentării cu energie electrică şi adesea cazul alimentării cu energie termică), întreruperea alimentării are drept efect economic, la furnizor, o pagubă constînd în principal — cînd furnizorul este un distribuitor — din beneficiul nerealizat corespunzător cantităţii de energie nelivrată, ca urmare a întreruperii şi a penalităţii forfetare sau despăgubirii achitate consumatorului pentru pagubele efectiv suferite de acesta, dacă întreruperea este din culpa furnizorului. În calculele tehnicoeconomice care trebuie făcute — aşa cum se va arăta mai departe — la nivelul economiei naţionale, penalitatea sau despăgubirea nu trebuie luate în considerare, deoarece penalitatea forfetară nu are un echivalent economic real în procesul de producţie, iar pagubele efective suferite de consumator au fost deja evidenţiate în efectele economice luate în considerare la consumatori.

1.3. *Efectele limitărilor în alimentare şi ale livrării energiei sau altor utilităţi cu parametri necorespunzători*

Ceea ce s-a arătat la punctele 1.1. şi 1.2. în legătură cu efectele întreruperii alimentării este valabil, cu unele adaptări, şi pentru cazul limitării debitului unui agent energetic sau a unei utilităţi ţinute la dispoziţia unui consumator. Într-adevăr, în acest din urmă caz se poate produce, în funcţie de mărimea limitării, de specificul procesului tehnologic şi de faza în care se găsea, fie oprirea din funcţiune cel puţin a unei părţi a receptoarelor (cu consecinţele corespunzătoare întreruperilor alimentării), fie o reducere a indicatorului intensiv de producţie.

---

[*] Dacă în relaţiile contractuale între consumatorul de energie şi clienţii săi este stabilită — aşa cum prevede actualmente legea contractelor economice — clauza plăţii ca despăgubiri a pagubelor efective, atunci valoarea pagubei corespunde despăgubirilor plătite şi apare în rezultatele economice ale consumatorului de energie; în caz contrar (inclusiv în cazul în care pentru nelivrarea producţiei industriale se plătesc numai penalităţi forfetare), paguba apare numai la nivelul ansamblului economiei naţionale şi practic nu poate fi determinată; în cazul plăţii de penalităţi forfetare, ele apar evidenţiate în rezultatele economice ale consumatorului de energie, însă nu trebuie luate în considerare în calculele de eficienţă economică, deoarece nu au un echivalent economic real, ci constituie doar un transfer de fonduri dintr-o gestiune în alta.

Efecte asemănătoare cu cele ale limitării alimentării au şi variaţiile de tensiune (chiar de foarte scurtă durată, fracţiuni de secundă sau secunde), în cazul energiei electrice, şi variaţiile de presiune sau (şi) temperatură în cazul energiei termice, dacă ele depăşesc anumite limite specifice fiecărui proces tehnologic sau receptor de energie.

2. Elementele principale care determină gradul de siguranţă a alimentării şi criteriul de stabilire a mărimii optime a acestuia

Alimentarea cu energie electrică şi termică a unei întreprinderi industriale sau similare se poate realiza fie din surse proprii, fie din sistemul energetic naţional, respectiv dintr-un sistem de termoficare zonal, sau prin cooperare de la instalaţia proprie a unui alt consumator, fie mixt; alimentarea cu combustibil se face în marea majoritate a cazurilor, în principal, din exterior, iar alimentarea cu alţi agenţi energetici sau cu alte utilităţi se face, de asemenea, în marea majoritate a cazurilor din instalaţii proprii ale consumatorului. Funcţionarea acestor din urmă instalaţii, ca şi cea a centralelor termice proprii ale consumatorilor, este legată în general de continuitatea alimentătării cu energie electrică şi apă de răcire, apărînd astfel o intercondiţionare a continuităţii alimentării cu unele forme de energie sau utilităţi de continuitatea existenţei altor forme de energie.

În cazul în care alimentarea se face din surse exterioare consumatorului, instalaţiile de alimentare cu o anumită formă de energie sau de utilitate se pot împărţi în două părţi : un sistem exterior de alimentare, constituit atît din surse cît şi din căi de alimentare, şi un sistem interior constituit din căi de alimentare şi, eventual, şi din surse.

Gradul de asigurare a continuităţii alimentării depinde în principal de numărul şi capacitatea surselor şi a căilor de alimentare, de gradul de fiabilitate al utilajelor şi aparatajelor, de schemele surselor şi căilor de alimentare adoptate atît din punctul de vedere al independenţei surselor — inclusiv a unor elemente componente ale acestora — şi a schemelor de alimentare, cît şi din punctul de vedere al posibilităţilor de conlucrare şi rezervare reciprocă sau de alimentare numai a receptoarelor a căror întrerupere are cele mai grave efecte, sacrificîndu-se alimentarea restului de receptoare (cînd puterea sau debitul ce stau la dispoziţia consumatorului la un moment dat sînt insuficiente pentru alimentarea tuturor receptoarelor), precum şi de gradul de automatizare a operaţiilor citate.

Este important să se sublinieze — ceea ce consumatorii ,,uită'' adesea atunci cînd alimentarea se face din surse externe lor — că *gradul de siguranţă a alimentării nu poate fi niciodată egal cu 100%, ci doar să tindă spre această valoare o dată cu creşterea numărului de surse şi de căi de alimentare şi a performanţelor schemelor şi echipamentelor folosite.* Totodată, trebuie subliniat că *gradul de siguranţă nu poate avea decît un caracter probabilistic* atît datorită foarte numeroaselor cazuri şi elemente şi înserierii lor în scheme, care pot conduce la întreruperea alimentării, cît şi posibilităţii de a ieşi din funcţiune concomitent mai multe surse sau căi de alimentare.

Date fiind elementele care determină gradul de siguranţă, este evident că mărimea investiţiilor în instalaţiile de alimentare şi a cheltuielilor anuale de amortizare, întreţinere şi reparaţie cresc cu gradul de asigurare, practica dovedind că această creştere este extrem de rapidă în raport cu sporirea gradului de siguranţă.

Întrucît, aşa cum s-a arătat la punctul 1, creşterea gradului de siguranţă este destinată să conducă la micşorarea efectelor sociale şi economice ale întreruperilor în alimentare, alegerea sistemului optim de alimentare, deci stabilirea gradului optim de siguranţă, este o problemă economică, de natură de optim economic atunci cînd efectele întreruperilor au numai un caracter economic, respectiv de limită economic şi raţional posibilă cînd este vorba de efecte cu caracter social. Gradul optim economic de siguranţă se poate determina prin compararea indicatorului ,,cheltuieli anuale de calcul'' al eficienţei economice a investiţiilor, determinat pentru fiecare variantă tehnică cu un anumit grad de siguranţă, alegîndu-se varianta la care acest indicator are valoarea minimă.

3. Căi de simplificare a determinării variantei optime; necesitatea unor prescripţii şi enunţarea principalelor probleme ce trebuie tratate în cadrul lor

Numărul de variante tehnic şi raţional posibile pentru realizarea de diverse grade de siguranţă poate fi, pentru unele cazuri, foarte mare, iar studiul lor foarte complex şi laborios. Este deci necesar să se procedeze la simplificări, care pot consta din :

— împărţirea ansamblului de optimizat (surse, căi de alimentare, receptoare energetice, procese şi utilaje tehnologice) în subansamble, la care să se cerceteze optimizarea, adică efectuarea de suboptimizări cel puţin pînă la un anumit punct;

— stabilirea, pe bază de prescripţii. a unor domenii mai restrînse, în care să se încadreze variantele de studiat pentru alimentarea unui consumator dat, în funcţie de o clasificare a receptoarelor consumatorului, făcute pe baza efectelor intreruperilor în alimentare şi a intervalului scurs din momentul întreruperii şi pînă în momentul în care se manifestă aceste efecte.

O astfel de prescripţie trebuie să mai prevadă, între alte elemente principale, obligativitatea ca optimul economic să fie determinat la nivelul economiei naţionale (nu separat, pe întreprinderile care concură la realizarea alimentării)*), obligativitatea corelării maxim posibile între gradele de siguranţă ale diverselor elemente şi părţi de instalaţii energetice (între altele, cea dintre gradele de siguranţă a sistemului exterior şi a celui interior de alimentare) care asigură alimentarea, a părţii energetice şi tehnologice care foloseşte energia şi a diverselor instalaţii dintr-un proces în flux tehnologic, precum şi între diversele forme de energie şi utilităţi din cadrul unui anumit proces tehnologic. În plus, prescripţia trebuie să prevadă următoarele condiţii :

— sursa de bază să asigure în general întregul necesar al consumatorului ;

— eventualele surse suplimentare să asigure numai consumul acelor receptoare care au determinat necesitatea acestor surse ;

— în cazul instalaţiilor la care întreruperea alimentării conduce la fenomene care pot provoca pierderi de vieţi omeneşti, este obligatorie existenţa unei surse locale, la consumator ;

— în cadrul variantelor (soluţiilor) de evitare sau micşorare a gravităţii consecinţelor întreruperii alimentării, trebuie căutate neapărat şi soluţii de natură tehnologică (deoarece practica a dovedit că, în general, acestea sînt mai economice decît soluţiile de creştere a gradului de siguranţă a alimentării), în măsura în care nu sînt evident prohibitive economic ; de asemenea trebuie studiate şi variante de înlocuire a unei forme de energie cu altă formă de energie (de exemplu, înlocuirea acţionărilor electrice cu acacţionări cu turbine cu abur) ; în cazul alimentării cu fluide din care nu se cer debite foarte mari, trebuie studiate şi soluţii de acumulare în rezervoare de capacitate corespunzătoare (cînd fluidul este un gaz trebuie să se studieze şi acumularea sub formă lichefiată).

În cazul alimentării cu energie electrică (în imensa majoritate a situaţiilor realizată în principal din sistemul energetic naţional), determinarea optimului economic ar fi foarte complexă dacă s-ar lua deodată în considerare ansamblul tuturor elementelor instalaţiei de alimentare, începînd cu cele ale surselor de producere şi terminînd cu cele ale fiecărui receptor, deoarece sistemul energetic în ansamblul său este extrem de complex, în continuă dezvoltare, dispune în general de rezervă de putere nelocalizabilă şi de o puternică reţea interconectată, cu multiple posibilităţi de configuraţie în funcţionare, alimentează un foarte mare număr de consumatori, în continuă dezvoltare, cu o structură care se modifică permanent ; în aceste condiţii, optimizarea gradului de siguranţă trebuie făcută pe baza unor metodologii adecvate, în prima etapă individual pentru fiecare centrală electrică, linie de transport şi staţie de transformare sau conexiune din reţeaua de transport interconectată, iar în următoarea etapă, şi pe baza rezultatelor din prima etapă, pentru ansamblul sistemului energetic de bază (determinîndu-se astfel şi structura optimă a acestuia cu considerarea efectelor siguranţei asupra consumatorilor) ; aceste optimizări trebuie să aibă la bază efectele medii pe totalitatea consumatorilor. Excepţie de la această ultimă prevedere trebuie să facă centralele electrice — de obicei de termoficare — destinate de la început în special anumitor platforme industriale cu consumatori la care întreruperile în alimentarea cu energie electrică şi (sau) termică au consecinţe importante ; în astfel de cazuri trebuie luate în considerare efectele economice asupra consumatorilor concreţi respectivi, ţinîndu-se seama şi de interdependenţa funcţională a livrării concomitente de energie electrică şi termică şi a variaţiilor sarcinii electrice, respectiv termice, cînd la consumatori au loc întreruperi ale consumului de energie termică, respectiv electrică.

S-ar dispune astfel, la un moment dat, cu actualizări periodice pentru fiecare nod principal al sistemului energetic, de grade de siguranţă pentru toţi consumatorii alimentaţi din nodul respectiv, iar pentru fiecare consumator concret din acel nod, care necesită o siguranţă deosebită, s-ar studia numai siguranţa dintre nod şi receptoare, ţinînd seama şi de sursele de energie electrică din sistemul intern al consumatorului şi de căile de legătură dintre acestea şi receptoare.

4. Propuneri privind unele prevederi ale viitoarei prescripţii pentru alimentarea cu energie electrică a consumatorilor industriali şi similari

Prescripţia E 28—62 privind alimentarea cu energie electrică a consumatorilor industriali şi similari, elaborată de Inspecţia generală energetică, este în curs de revizuire. În cadrul acestei revizuiri considerăm că trebuie să se ţină seama de cele prevăzute la punctul 3, precum şi de următoarele concretizări specifice alimentării cu energie electrică şi care diferă de prevederile din proiectul de modificare propus şi discutat cu consumatorii în 1967.

---

*) Ar fi normal, totodată, să se prevadă ca un consumator care se alimentează de la o sursă exterioară să suporte plusurile de investiţii şi cheltuieli anuale aferente sporului de siguranţă cerut furnizorului, prin virarea către furnizor a fondurilor de investiţii menţionate, respectiv prin suportarea unor tarife sporite faţă de cele generale, stabilite de la caz la caz.

4.1. *Clasificarea consumatorilor* trebuie făcută, aşa cum s-a mai arătat, din două puncte de vedere, şi anume:

a) după natura efectelor întreruperii;

b) după intervalul de timp dintre întreruperea alimentării şi apariţia efectelor acesteia.

După primul criteriu, se propune următoarea clasificare*) a receptoarelor unui consumator:

— categoria I, la care întreruperea alimentării duce la fenomene care pot provoca pierderi de vieţi omeneşti, deşi s-au luat toate celelalte măsuri (de natură tehnologică) tehnic posibile, fără a fi prohibitive economic, în afara asigurării continuităţii alimentării cu energie sau utilităţi;

— categoria a II-a, la care întreruperea alimentării conduce fie la distrugerea sau deteriorarea de utilaje cu durate lungi de înlocuire sau reparare, sau care trebuie procurate din import, fie la dereglări importante ale procesului tehnologic ce necesită perioade lungi (în raport cu durata celor mai frecvente întreruperi) pentru reluarea şi atingerea parametrilor săi cantitativi şi calitativi existenţi în momentul întreruperii, fie rebuturi importante de materii prime, materiale auxiliare, semifabricate sau produse în curs de elaborare în procesul la care s-a întrerupt alimentarea, sau chiar de produse finite;

— categoria a III-a, la care întreruperea alimentării provoacă nerealizări de producţie practic numai pe durata întreruperii alimentării, procesul tehnologic putînd reveni la parametrii anteriori întreruperii în timp scurt (maximum de ordinul minutelor), iar eventualele rebuturi nu sînt importante;

— categoria a IV-a, la care nu se produce nici unul dintre efectele prevăzute la categoriile precedente.

După al doilea criteriu, care nu este cazul să se aplice decît la receptoarele din categoria a II-a, se propune următoarea clasificare a receptoarelor electrice ale unui consumator, ţinînd seama de duratele posibilităţilor de restabilire a alimentării cu energie electrică (în funcţie de cauzele care au provocat întreruperea alimentării):

— clasa A, la care efectele întreruperii apar într-un timp mai mic sau maximum egal cu 3 secunde (3 secunde reprezintă durata admisă legal la noi în ţară pentru funcţionarea automaticii de sistem şi pentru care sistemul nu are obligaţii de despăgubire pentru efectele întreruperii asupra consumatorilor);

— clasa B, la care efectele întreruperii apar într-un timp mai mare de 3 secunde, dar mai mic de 1 minut inclusiv;

— clasa C, la care efectele întreruperii apar într-un timp cuprins între 1 minut (exclusiv) şi 10 minute (inclusiv);

— clasa D, la care efectele întreruperii apar mai tîrziu de 10 minute, la durate critice specifice diverselor procese tehnologice şi care trebuie cunoscute.

4.2. *Numărul de surse şi de căi de alimentare se propune a fi stabilit astfel*:

a) la consumatorii la care există numai receptoare electrice din categoriile a III-a şi a IV-a, o singură sursă şi o singură cale de alimentare obligatorii, eventual şi o cale de alimentare suplimentară, dacă este justificată economic, sursa fiind constituită în mod obligatoriu de sistemul energetic; în aceste cazuri se impune totuşi construcţia de centrale electrice proprii, dacă ele constituie cea mai economică posibilitate de recuperare a resurselor energetice secundare de la consumator, sau dacă este dictată de producerea economică combinată de energie electrică şi termică sau de sporirea siguranţei alimentării cu energie termică; legătura cu sistemul energetic rămîne şi în acest caz obligatorie, capacitatea ei trebuind să asigure schimbul necesar de energie electrică cu sistemul;

b) la consumatorii la care există receptoare de categoriile I şi a II-a este obligatorie existenţa a două surse şi a două căi de alimentare independente. Una dintre surse va fi obligatoriu sistemul energetic, iar a doua sursă va fi:

α) în mod obligatoriu, o sursă locală proprie a consumatorului, pentru alimentarea receptoarelor de categoria I şi de categoria a II-a, clasa A;

β) fie o sursă locală, fie sistemul energetic, după cum este mai economic, pentru alimentarea receptoarelor de categoria a II-a clasele B, C şi D; în acest caz, pentru receptoarele menţionate la subpunctul α vor exista în fond trei surse de alimentare.

Neprevederea de către consumatorii de la punctul b a două surse, respectiv a surselor proprii de la subpunctul α (chiar dacă se realizează o a doua sursă independentă din sistemul energetic), nu se admite decît pe baza unui calcul economic din care să rezulte că prevederea lor este prohibitivă.

Dimensionarea surselor proprii (centrale electrice, grupuri electrogene separate, baterii de acumulatoare, după caz, în funcţie de puterea necesară şi de durata necesară intrării în funcţiune a surselor) de la subpunctele α şi β trebuie să corespudă atît acoperirii puterii cerute de receptoarele menţionate la acele subpuncte, cît şi rezolvării problemelor impuse de recuperarea de resurse energetice secundare și de producere de energie termică în termoficare, în condițiile prevăzute la punctul a).

---

*) Valabilă şi pentru orice formă de energie sau de alte utilităţi.

Pentru efectuarea calculului gradului de siguranță optim economic la alimentarea din sistemul energetic, este necesar să se stabilească, pentru fiecare nod principal din rețeaua de transport și interconexiune, frecvența întreruperilor la timpii maximi prevăzuți în clasificarea receptoarelor de energie electrică în clasele A...D, precum și durata medie a întreruperilor corespunzătoare claselor C și D.

Contribuții la stabilirea unei metodologii de calcul în alegerea schemelor electrice optime pentru centralele termoelectrice

Dr. ing. **V. I. Nitu**, matem. **Gh. Oprișan**, ing. **A. M. Petrescu**, matem. **G. Pipa** și ing. **M. Stein***)

1. Oportunitatea analizei siguranței în funcționarea blocurilor energetice

Dezvoltarea sistemului energetic din România permite punerea în exploatare a unor unități de mare putere, de 200—300 MW, și unități de termoficare de 50—100 MW, a căror funcționare sigură condiționează continuitatea alimentării consumatorilor. Orice întrerupere pe o durată mai mare decît cea impusă de regimul funcțional al sistemului sau al consumatorilor poate duce la pierderi considerabile.

Determinarea pe baze științifice a continuității în funcționare atît a fiecărui grup în parte, cît și pe ansamblul sistemului energetic, apare deci ca foarte necesară.

Studiul pe baze științifice al siguranței grupurilor energetice evidențiază rezervele existente în schemele tehnologice, corelarea continuă a siguranței grupurilor cu mărirea rezervei în sistem. Acest fapt poate determina, deci, o simplificare în timp a schemelor tehnologice ale grupurilor, în măsura în care apare mai oportună corelarea rezervei din sistem decît introducerea unor rezerve în schemele auxiliare ale grupurilor.

Problema gradului se siguranță, alături de aspectul tehnico-economic, constituie o temă larg dezbătută în scopul stabilirii unor căi de abordare, plecînd de la puncte de vedere cît mai obiective și fundamentate științific.

Funcționarea sigură a unui agregat energetic este condiționată de funcționarea sigură a elementelor ce-l compun. Prin rezervarea acestor elemente se poate ajunge la un grad de siguranță sporit. Se știe însă că acest fapt este legat de costuri foarte importante, astfel încît este necesar a se stabili cît de departe trebuie să se meargă cu prevederea rezervelor pentru obținerea unui grad de siguranță necesar în cadrul unor cheltuieli de exploatare minime.

Aprecierea gradului de siguranță se face prin calcularea așa-numiților indicatori de siguranță, care reprezintă valori medii ale anumitor variabile aleatorii ce concretizează funcționarea instalației. Cei mai uzuali dintre acești indicatori, cu ajutorul cărora se pot calcula și alții, sînt :

— probabilitatea de a fi în funcțiune la un moment dat (P) ;

— timpul mediu total de funcționare dintr-un interval de timp $(0, t)$, $(M[\alpha(t)])$;

— numărul mediu de avarieri din intervalul de timp $(0, t)$, $(M[\nu(t)])$.

Pentru un calcul tehnico-economic se poate pune și problema comparării investițiilor în utilajele de rezervă necesară pentru N grupuri, în vederea obținerii unor indicatori de siguranță pe ansamblul lor, cu investițiile necesare instalării mai multor grupuri fără aceste rezerve (deci cu indicatori de siguranță mai scăzuți), cu care se pot obține însă cel puțin aceiași indicatori de siguranță pe ansamblu.

Un alt aspect al analizei siguraței în funcționarea grupurilor este acela că ea poate contribui la dimensionarea corectă a diverselor elemente componente, urmărind influența funcționării sigure a fiecărui element în parte asupra funcționării sigure a agregatului.

O aplicație utilă și foarte interesantă a calculelor de siguranță este și aceea care, analizînd siguranța în funcționare a unui bloc cu indicatori de siguranță impuși, din anumite considerente, pe ansamblul blocului, determină indicatorii de siguranță ce trebuie să caracterizeze anumite utilaje sau scheme tehnologice care determină funcționarea blocului. Determinarea acestor indicatori pe baze științifice este necesară în cazul adoptării unor noi scheme tehnologice sau a unor utilaje noi, în special pentru impunerea condiților tehnice de funcționare pe care aceasta trebuie să le îndeplinească.

În cele ce urmează se face o prezentare a metodei de calcul adoptate și o scurtă descriere a modelului de calcul întocmit pentru un calculator IBM-360 în limbaj FORTRAN, care însă poate fi adaptat și pentru un calculator IRIS-50.

---

*) Conf. dr. ing. **V. I. Nitu** este director al ISPE, **M. Stein** este inginer principal I, ing. **A. M. Petrescu** este analist, iar **Gh. Oprișan** și **G. Pipa** sînt matematicieni la același institut.

2. Prezentarea metodologiei de calcul al siguranței în funcționare

Aprecierea siguranței unei scheme înseamnă în ultimă instanță calcularea unor indicatori (numiți de siguranță) care în cea mai mare parte sînt valori medii probabilistice ale unor variabile aleatorii ce caracterizează funcționarea instalației.

La baza calculului indicatorilor de siguranță stau anumite ipoteze asupra instalației, cea mai uzuală fiind aceea că trecerea instalației prin diversele stări de funcționare este descrisă de un proces Markov omogen în timp cu un număr finit de stări. Această ipoteză permite calculul unui număr mare de indicatori, ceea ce face ca compararea diverselor scheme și găsirea unei scheme optime să fie eficiente.

Pentru calculul indicatorilor este necesar să se cunoscă intensitatea de avariere și intensitatea de reparație a fiecărui element al schemei (λ și μ).

După cum este cunoscut [1], în mod practic calculele pentru o anumită schemă se desfășoară în următoarele etape :

a) se scriu și se numerotează stările în care se poate găsi instalația ;

b) se scrie matricea q pentru întreaga schemă ;

c) se scrie sistemul de ecuații diferențiale prin rezolvarea căruia se determină matricea $[P\ (t)]$ a probabilităților absolute ;

d) cu ajutorul probalilităților absolute se determină indicatorii de siguranță propuși.

Pentru exemplificare, să considerăm o schemă simplă formată din două elemente ce funcționează în paralel, reprezentate în figura 1.

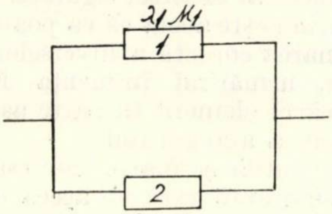


Fig. 1

Stările prin care poate evola acest ansamblu sînt :

– starea 0, în care ambele elemente sînt în funcțiune ;

– starea 1, în care elementul 1 este în funcțiune, iar elementul 2 este defect ;

—starea 2, în care elementul 2 este în funcțiune, iar elementul 1 este defect ;

—starea 3, în care ambele elemente sînt defecte.

Presupunem că ansamblul este în funcțiune dacă cel puțin un element este în funcțiune.

Modul de scriere a matricei q este arătat schematic în figura 2 care arată trecerea dintr-o stare în alta, ceea ce se traduce de fapt prin matricea q :

$$q=\begin{array}{c|c|c|c|c|}
 & 0 & 1 & 2 & 3 \\ \hline
0 & -(\lambda_1+{}_2\lambda) & \mu_2 & \mu_1 & \\ \hline
1 & \lambda_2 & (\lambda_1+\mu_2) & & \mu_1 \\ \hline
2 & \lambda_1 & & -(\lambda_2+\mu_1) & \mu_2 \\ \hline
3 & & \lambda_1 & \lambda_2 & (\mu_1+\mu_2) \\ \hline
\end{array}$$

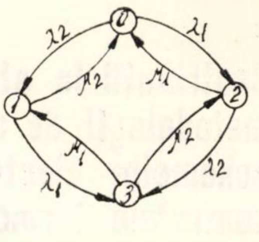


Fig. 2

Sistemul de ecuații diferențiale corespunzător este următorul :

$$\begin{aligned}
P_0'(t) &= -(\lambda_1+\lambda_2)\,P_0(t) + \mu_2\,P_1(t) + \mu_1\,P_2(t)\\
P_1'(t) &= \lambda_2 P_0(t) - (\lambda_1+\mu_2)\,P_1(t) + \mu_1 P_3(t)\\
P_2'(t) &= \lambda_1 P_0(t) - (\lambda_2+\mu_1)\,P_2(t) + \mu_2 P_3(t)\\
P_3'(t) &= \lambda_1 P_1(t) + \lambda_2 P_2(t) - (\mu_1+\mu_2)\,P_3(t)
\end{aligned}$$

Datorită unor proprietăți de ergodicitate a proceselor Markov de tipul celui luat în considerație, sistemul de ecuații diferențiale poate fi redus la un sistem algebric, pentru momente de timp t depărtate de origine (în general, de ordinul anilor), a cărui rezolvare este mult mai simplă. Pentru rezolvarea acestui sistem există un program de calcul pe calculatoare cifrice.

În exemplul de mai sus sistemul de ecuații „algebrizat" este următorul :

$$\begin{aligned}
-(\lambda_1+\lambda_2)\,P_0 + \mu_2 P_1 + \mu_1 P_2 &= 0\\
\lambda_2 P_0 - (\lambda_1+\mu_2)\,P_1 + \mu_1 P_3 &= 0\\
\lambda_1 P_0 - (\lambda_2+\mu_1)\,P_2 + \mu_2 P_3 &= 0\\
\lambda_1 P_1 + \lambda_2 P_2 - (\mu_1+\mu_2)\,P_3 &= 0
\end{aligned}$$

Dificultatea cea mai mare a calculului este scrierea matricei q pentru o schemă complexă, care de cele mai multe ori are un număr mare de linii și coloane, astfel încît este nevoie de o oarecare rutină atît pentru scrierea rapidă a matricei, cît și pentru scrierea stărilor.

Se poate obține o oarecare simplificare dacă se face reducerea tuturor grupurilor de elemente scrise care apar în schemă la un singur element [2]. Se mai pot obține simplificări dacă se împarte schema în două sau mai multe părți care funcționează independent, calculîndu-se indicatorii de siguranță pentru fiecare dintre aceste părți și apoi pentru schema în ansamblul ei. De exemplu, dacă schema este compusă din două părți simetrice independente, se calculează indicatorii de siguranță numai pentru una dintre aceste părți.

Pentru desfăşurarea mai rapidă şi pentru ca volumul cel mai mare de calcule să-l preia calculatorul, se propune un model de calcul [3] care, pe scurt, poate fi descris astfel: se împarte mulţimea elementelor ce compun schema în mai multe submulţimi cu proprietatea că numai defectarea tuturor elementelor unei astfel de submulţimi duce la defectarea instalaţiei.

După cum este cunoscut, în calculele de siguranţă se iau în considerare cel mult defectele duble, întrucît considerarea defectelor simultane a mai mult de două elemente nu modifică sensibil rezultatele.

Părţile în care a fost divizată instalaţia vor fi numite grupuri de defectare. Un grup de defectare poate fi format, în general, din:

— un singur element;

— două elemente care funcţionează în paralel, dintre care unul este rezerva activă a celuilalt;

— două elemente dintre care unul este rezerva pasivă a celuilalt.

Să presupunem că se obţin n grupuri de defectare şi să notăm cu λ_i, μ_i, intensitatea de avariere şi, respectiv, intensitatea de reparaţie pentru grupul de defectare i. În acest fel vom putea calcula λ şi μ pentru instalaţie, considerînd că aceasta este formată prin înserierea celor n grupuri de defectare. Prin urmare

$$\lambda_{inst} = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i$$

$$\mu_{inst} = \frac{\sum\limits_{i=1}^{n} \lambda_i}{\sum\limits_{i=1}^{n} \frac{\lambda_i}{\mu_i}}.$$

Cu ajutorul lui λ_{inst} şi μ_{inst} se calculează toţi indicatorii enumeraţi mai sus penru instalaţie.

Programul de calcul pentru calculatoare cifrice, la baza căruia a stat acest mod de abordare a problemei, prezintă următoarele avantaje:

– nu trebuie scrise stările şi nici matricea q pentru întreaga schemă;

– în calculator nu se introduce (în afară de datele numerice respective) decît funcţia logică care descrie funcţionarea schemei, restul calculului fiind preluat de calculator [3];

— programul are posibilitatea studierii simultane a mai mutlor variante.

3. Prezentarea programului de calcul

Programul întocmit urmăreşte ca, pornind de la caracteristicile funcţionale ale elementelor componente ale schemei (intensitatea de avariere şi intensitatea de reparaţie), să se calculeze indicatorii de siguranţă propuşi: probabilitatea de succes, timpul mediu de funcţionare şi numărul mediu de întreruperi într-o anumită perioadă de timp.

Ţinînd seama de legăturile funcţionale care există între elementele schemei, aceasta poate fi reprezentată în calculator ca o funcţie logică, fiecare variabilă logică care intervine în funcţie corespunzînd unui element al schemei. Valorile TRUE (adevăr) şi FALSE (fals) pe care le pot lua variabilele logice corespund stărilor de funcţionare, respectiv de nefuncţionare ale elementelor din schemă, corespunzătoare acestor variabile. Elementele schemei se numerotează de la 1 la N.

Datele iniţiale care se introduc în calculator sînt:

$X(1), X(2), \ldots, X(N)$ — variabile logice corespunzătoare elementelor 1 - N ale schemei;

$$X(I) = \begin{cases} \text{TRUE} & \text{- cînd elementul } I \text{ funcţionează;} \\ \text{FALSE} & \text{- cînd elementul } I \text{ este defect;} \end{cases}$$

$E(X)$ - funcţia logică asociată schemei;

$LA(I)$ - vectorul intensităţilor de avariere a elementelor componente ale schemei ($I = 1, \ldots, N$);

$MU(I)$ – vectorul intensităţilor de reparaţie a elementelor componente ale schemei ($I = 1, \ldots, N$);

$REZ(K)$ – vectorul elementelor de rezervă din schemă ($K = 1, \ldots, R$);

T — perioada de timp pentru care se face calculul.

Fluxul operaţiilor ce se desfăşoară în calculator este următorul:

Se atribuie, pe rînd, cîte uneia dintre variabilele $X(I)$ valoarea FALSE (ceea ce corespunde stării de nefuncţionare), iar celorlalte valoarea TRUE (ceea ce corespunde stării de funcţionare) şi se calculează funcţia (E (X). Dacă valoarea funcţiei $E(X)$ este FALSE, înseamnă că avaria elementului I duce la insuccesul schemei studiate şi, deci, elementul I formează un grup de defectare. În cazul în care valoarea funcţiei este TRUE, înseamnă că avaria elementului I nu influenţează succesul schemei şi se trece la următorul pas, căutîndu-se care este elementul a cărui avarie simultană cu avaria elemetului I provoacă insuccesul schemei. Se găsesc în acest mod grupurile de defectare formate din două elemente.

Pentru fiecare grup de defectare format dintr-un element se calculează indicatorii: numărul mediu de întreruperi ale grupului în intervalul de timp de mărime T şi probabilitatea de succes a grupului de defectare, conform formulelor de calcul stabilite.

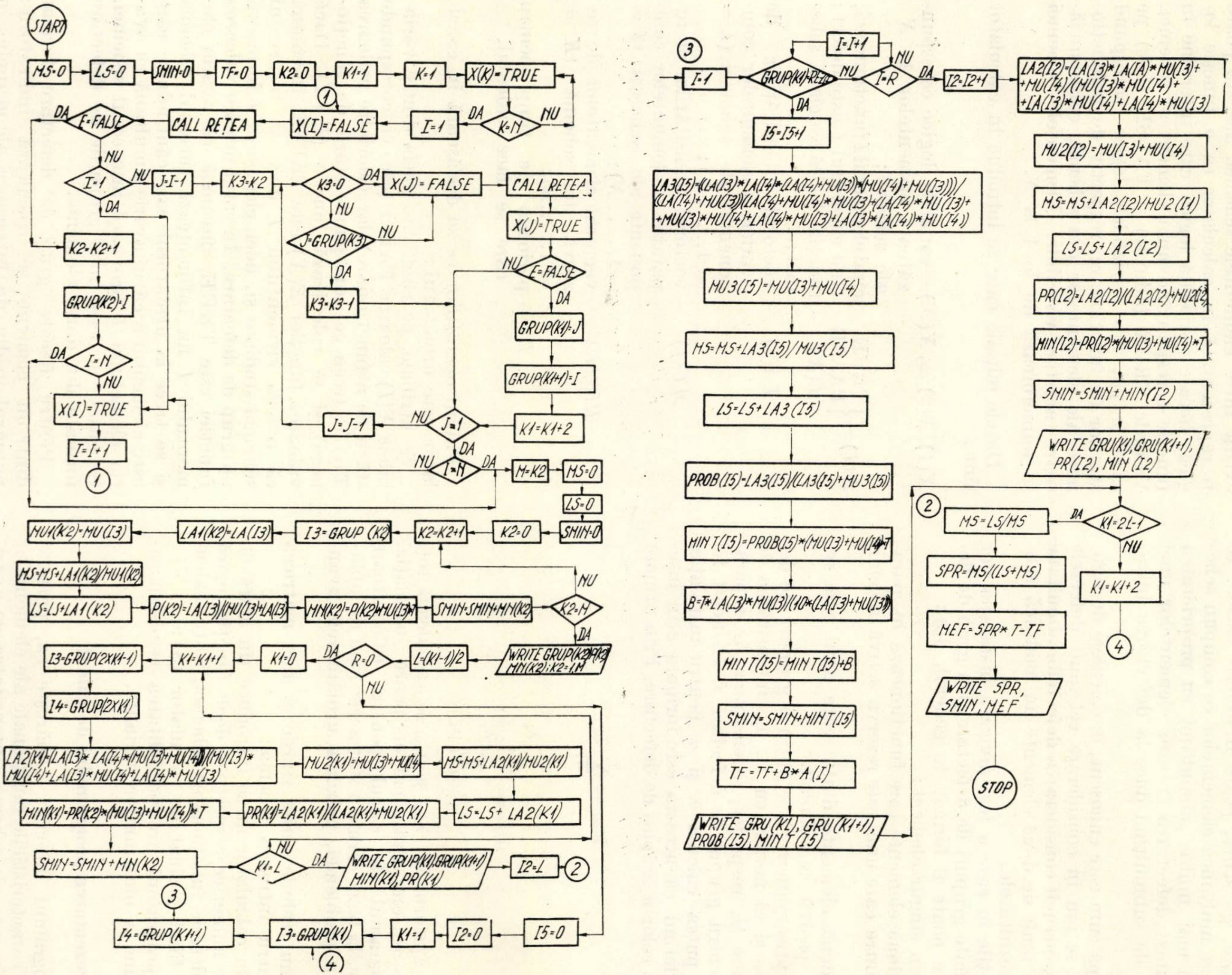

START
MS=0
LS=0
SMIN=0
TF=0
K2=0
K1=1
K=1
X(K)=TRUE
K=N
DA
NU
I=1
X(I)=FALSE
1
CALL RETEA
F=FALSE
I=1
J=I-1
K3=K2
K3=0
X(J)=FALSE
CALL RETEA
J=GRUP(K3)
K3=K3-1
X(J)=TRUE
GRUP(K1)=J
GRUP(K1+1)=I
K1=K1+2
J=1
J=J-1
K2=K2+1
GRUP(K2)=I
I=N
X(I)=TRUE
I=I+1
M=K2
MS=0
LS=0
SMIN=0
K2=0
K2=K2+1
I3=GRUP (K2)
LA1(K2)=LA(I3)
MU1(K2)=MU(I3)
MS=MS+LA1(K2)/MU1(K2)
LS=LS+LA1(K2)
P(K2)=LA(I3)/(MU(I3)+LA(I3))
MN(K2)=P(K2)*MU(I3)*T
SMIN=SMIN+MN(K2)
K2=M
WRITE GRUP(K2),P(K2) MN(K2);K2=1,M
L=(K1-1)/2
R=0
K1=0
K1=K1+1
I3=GRUP(2XK1-1)
I4=GRUP(2XK1)
LA2(K1)=(LA(I3)*LA(I4)*(MU(I3)+MU(I4)))/(MU(I3)*MU(I4)+LA(I3)*MU(I4)+LA(I4)*MU(I3)
MU2(K1)=MU(I3)+MU(I4)
MS=MS+LA2(K1)/MU2(K1)
LS=LS+ LA2(K1)
PR(K1)=LA2(K1)/(LA2(K1)+MU2(K1)
MIN(K1)=PR(K2)*(MU(I3)+MU(I4))*T
SMIN=SMIN+MN(K2)
K1=L
WRITE GRUP(K1),GRUP(K1+1) MIN(K1),PR(K1)
I2=L
2
3
I4=GRUP(K1+1)
I3=GRUP(K1)
4
K1=1
I2=0
I5=0
I=1
GRUP(K1)=R2(I)
I=I+1
I=R
I2=I2+1
I5=I5+1
LA3(I5)=((LA(I3)*LA(I4)*(LA(I4)+MU(I3))*(MU(I4)+MU(I3)))/((LA(I4)+MU(I3))(LA(I4)+MU(I4)*MU(I3)+(LA(I4)*MU(I3)++MU(I3)*MU(I4)+LA(I4)*MU(I3)+LA(I3)*LA(I4))*MU(I4))
MU3(I5)=MU(I3)+MU(I4)
MS=MS+LA3(I5)/MU3(I5)
LS=LS+LA3 (I5)
PROB(I5)=LA3(I5)/(LA3(I5)+MU3(I5))
MIN T(I5)=PROB(I5)*(MU(I3)+MU(I4))*T
B=T*LA(I3)*MU(I3)/(10*(LA(I3)+MU(I3))
MIN T(I5)=MIN T(I5)+B
SMIN=SMIN+MIN T(I5)
TF=TF+B*A(I)
WRITE GRU (KL), GRU (K1+1), PROB (I5), MIN T (I5)
LA2(I2)=(LA(I3)*LA(I4)*MU(I3)++MU(I4)/(MU(I3)*MU(I4)++LA(I3)*MU(I4)+LA(I4)*MU(I3)
MU2(I2)=MU(I3)+MU(I4)
MS=MS+LA2(I2)/MU2(I1)
LS=LS+LA2(I2)
PR(I2)=LA2(I2)/(LA2(I2)+MU2(I2))
MIN(I2)=PR(I2)*(MU(I3)+MU(I4)*T
SMIN=SMIN+MIN(I2)
WRITE GRU(K1),GRU(K1+1), PR(I2), MIN (I2)
K1=2L-1
K1=K1+2
MS=LS/MS
SPR=MS/(LS+MS)
MEF=SPR*T-TF
WRITE SPR, SMIN, MEF
STOP

Fig. 3

Rezultatele sînt vectorii:

$P(K)$ — probabilitățile de succes ale grupurilor;

$MN(K)$ — numărul mediu de întreruperi ale grupurilor $K = 1,\ldots,M$ (M = numărul grupurilor de defectare formate dintr-un element).

Grupurile de defectare formate din două elemente sînt comparate mai întîi cu vectorul REZ (I) și se despart în două categorii:

a) grupuri de defectare formate din două elemente care funcționează în paralel;

b) grupuri de defectare formate din două elemente care se rezervă.

Pentru fiecare grup de defectare se calculează indicatorii mai sus amintiți și se obțin vectorii:

a) — PR ($K1$) $K1 = 1,\ldots,L$;
— $MIN(K1)$ L = numărul grupurilor de defectare din categoria a);
b) — $PROB$ ($K2$) $K2 = 1,\ldots,I5$;
— $MINT(K2)$ $I5$ — numărul grupurilor de defectare din categoria b).

Schema logică a programului este dată în figura 3.

4. Baza informațională necesară pentru calculele de siguranță

Aprecierea siguranței în funcționare se face pe baza unor indicatori prezentați la pct. 2, corespunzători diferitelor aspecte ale siguranței sistemului. Importanța optimizării unuia sau a altuia dintre acești indicatori este funcție de scopul în care este utilizată instalația respectivă. Indicatorii pot fi determinați pentru întreaga instalație sau pentru părțile ei componente. Este important de cunoscut diferiții indicatori pentru părțile componente ale instalației, pentru a se aprecia care dintre aceste părți sînt mai nesigure și a se acționa în vederea îmbunătățirii siguranței lor.

Prin urmare, gradul de detaliere pînă la care se merge cu calculul indicatorilor și cu stabilirea de date statistice trebuie să corespundă scopului urmărit.

După cum rezultă din metodologia expusă, datele inițiale folosite de calculator sînt intensitatea de reparație pentru subansamblurile principale ale blocului, cum ar fi: cazan, turbină, cu instalațiile de răcire, generator, cu instalațiile de ungere și răcire, degazor, condensator, pompe, cu instalațiile electrice aferente și cu instalațiile de ungere etc.

Este cunoscut faptul că, pentru calculul lui λ și μ, intensitatea de avariere, respectiv intensitatea de reparație a subansamblurilor principale ale blocului, este necesară întocmirea unor statistici din care să rezulte pentru acestea următoarele date:

— numărul de avarii;
— durata totală a avariilor;
— durata totală a reparațiilor planificate.

Aceste date trebuie să rezulte din observarea subansamblului respectiv pe o perioadă de timp cît mai îndelungată, a cărei mărime rezultă în urma calculului limitelor de încredere pentru λ și μ. Perioada de observație trebuie să se încadreze pe porțiunea orizontală a curbei care reprezintă variația în timp a lui λ și μ pentru subansamblu.

Se menționează în mod special faptul că sistemul de culegere a datelor statistice și de prelucrare a lor este specific pentru o anumită metodă de calcul. În consecință, în vederea asigurării posibilităților de a efectua în viitor calcule bazate pe date cît mai reale, este necesar a se elabora un sistem corespunzător de culegere și prelucrare a datelor statistice. Avînd în vedere că în ISPE s-au întocmit studii în legătură cu metodologiile de culegere și pelucrare a datelor statistice care corespund și cerințelor programului de calcul prezentat, se impune trecerea la aplicarea acestor metodologii în culegerea datelor în sistemul energetic național. De asemenea, se impune elaborarea unui nomenclator unitar al noțiunilor legate de aceste preocupări [4].

5. Exemplu de calcul

Pentru ilustrarea aplicării programului de calcul elaborat, se prezintă în continuare un exemplu de calcul pentru un grup de 50 MW de condensație cu prize reglabile (fig. 5 și 6).

5.1. *Premisele de calcul considerate*

Calculul continuității în funcționarea unui grup de 50 MW de termoficare în condiții de succes — alimentare cu energie electrică și termică — s-a făcut avîndu-se în vedere următoarele premise:

a) Alimentarea serviciilor generale ale centralei se realizează prin intermediul a două transformatoare de racord cu sistemul; transformatorul blocului de servicii proprii dispune astfel de două rezerve de 100%. Absența tensiunii de 6 kV s-ar datora numai defectelor triple în alimentarea secțiilor de 6 kV, tipuri de defecte care nu au fost luate în considerație întrucît ar fi modificat în mod neglijabil rezultatele. În aceste condiții, avariile de alimentare ale secțiilor de 6 kV pot proveni din defectarea dispozitivelor AAR. Statistic se consideră că în 10% din solicitările acestor dispozitive ele se defectează, cazuri în care apar necesare manevre cu o durată de 0,15 ore. Funcționarea sigură a elementelor avînd ca alimentare de rezervă serviciile generale de 6 kV și 0,4 kV va fi determinată astfel doar de elementele de racord la secțiile respective (fig. 4).

b) Electropompele de alimentare, de condensație, de adaos și de rețea sînt prevăzute cu rezerve 100%. În urma experienței de exploatare se ajunge la concluzia că în aproximativ 10% din situațiile în care acestea sînt solicitate ele nu răspund. În aceste cazuri, punerea în funcțiune a elementelor de rezervă se face în urma unor manevre de a căror durată s-a ținut seama în calculul timpului total mediu de nefuncționare.

Pompele de răcire asigură fiecare 60% din debitul total al apei de răcire, astfel încît starea de succes de 100% este asigurată prin funcționarea simultană a ambelor pompe.

c) Avarierea preîncălzitoarelor de înaltă sau joasă presiune nu duce la avarii la nivelul grupului, datorită posibilităților de by-passare a acestora, individual sau bloc.

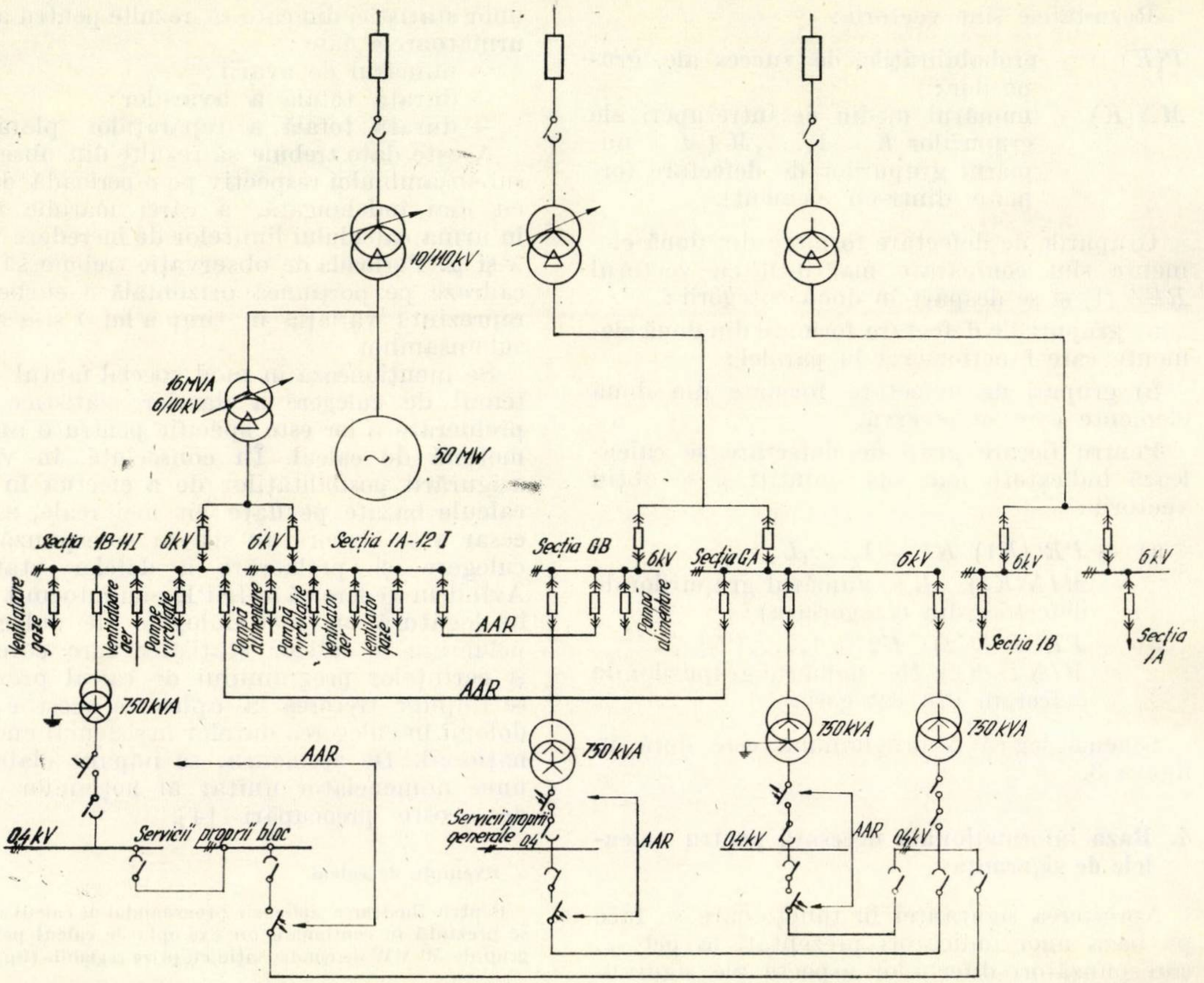

10/110kV
16MVA
6/10kV
50MW
Secția 1B-11I
6kV
6kV
Secția 1A-12 I
Secția GB
6kV
Secția GA
6kV
6kV
6kV
Ventilatoare gaze
Ventilatoare aer
Pompe circulație
Pompă alimentare
Pompă circulație
Ventilator aer
Ventilator gaze
Pompă alimentare
Secția 1B
Secția 1A
AAR
AAR
AAR
AAR
AAR
750kVA
750kVA
750kVA
750kVA
0,4kV
Servicii proprii bloc
Servicii proprii generale 0,4
0,4kV
0,4kV

Fig. 4. Grupa de termoficare de 50 MW.

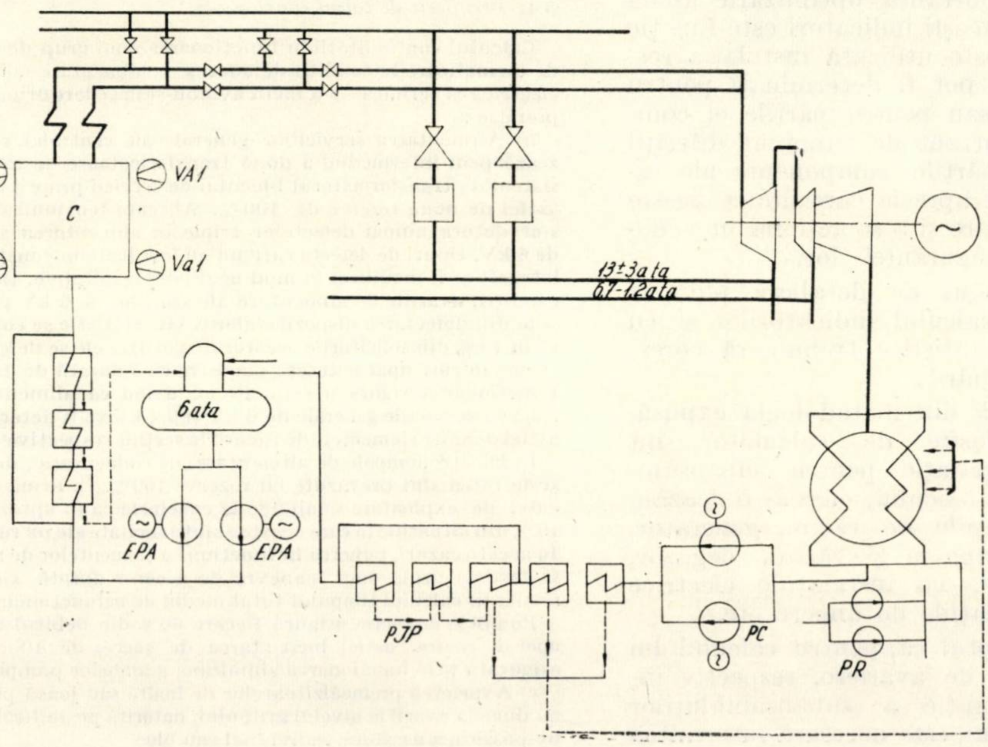

VA2
VA1
C
VG2
Va1
13±3ata
0,7-1,2ata
6ata
PIP
EPA
EPA
PJP
PC
PR

Fig. 5. Grupa de termoficare de 50 MW. Schema termică.

d) În circuitul de termoficare (fig. 6) avariile boilerului de bază sau de vîrf se consideră a fi reparabile într-un interval de 24 ore, timp în care consumatorul urban nu sesizează defectul, dată fiind inerţia termică a clădirilor. Dacă s-ar face alimentarea unui consumator de termoficare foarte sensibil (de exemplu, o seră), aceste elemente ar trebui să fie considerate pentru succesul alimentării continue cu energie termică.

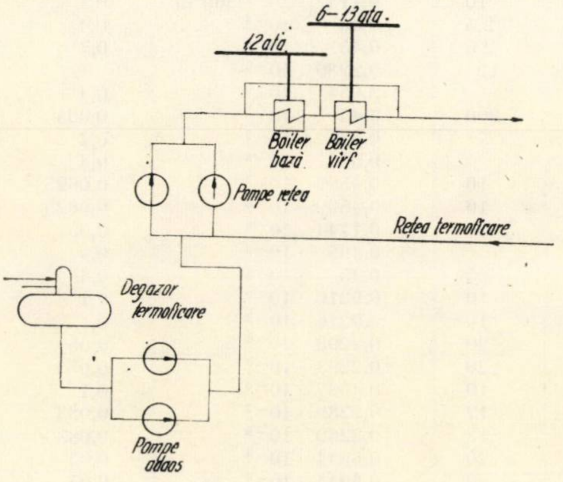

6–13 ata
12 ata
Boiler bază
Boiler vîrf
Pompe reţea
Reţea termoficare
Degazor termoficare
Pompe abaos

Fig. 6. Circuitul de termoficare urbană.

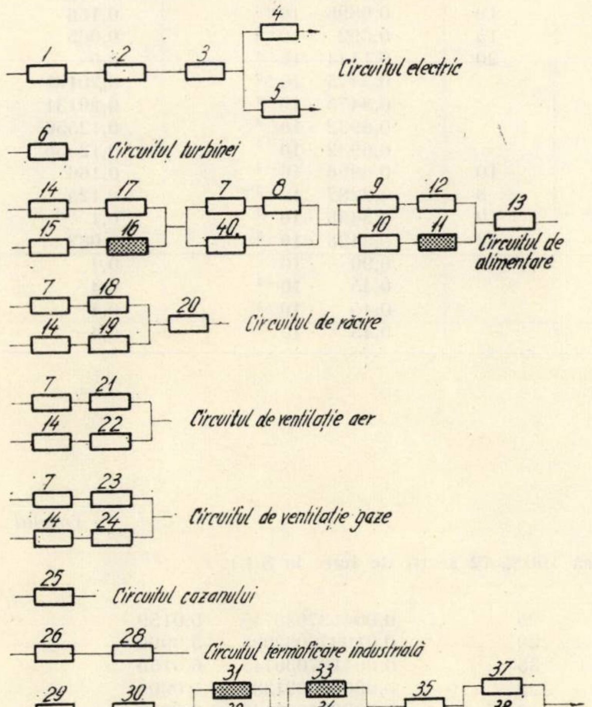

1
2
3
4
5
Circuitul electric
6
Circuitul turbinei
14
17
15
16
7
8
40
9
12
10
11
13
Circuitul de alimentare
7
18
14
19
20
Circuitul de răcire
7
21
14
22
Circuitul de ventilaţie aer
7
23
14
24
Circuitul de ventilaţie gaze
25
Circuitul cazanului
26
28
Circuitul termoficare industrială
29
30
31
32
33
34
35
37
38
Circuitul termic urban

Fig. 7. Circuitele de calcul în condiţii de succes 50% energie termică (două secţii de servicii interne).

e) S-au considerat ca stări de succes alimentarea cu energie electrică şi termică 100%(fig. 7), alimentarea cu energie termică 50% şi energie electrică (fig 8) şi alimentarea cu energie termică 50% (fig. 9).

f) Satisfacerea stărilor de succes studiate se realizează prin înlănţuirea serie sau paralel, în condiţii funcţionale impuse, a elementelor blocului.

g) Pentru a se evidenţia rolul fiecărui element al blocului în realizarea stării de succes propuse, schema-bloc a fost împărţită în serii de circuite tehnologice de calcul. Se poate urmări astfel gradul de siguranţă al elementelor circuitelor tehnologice de calcul care formează grupe de defectare după obţinerea datelor de la calculator (tabelele 2, 3 şi 4 ; numerele circuitelor din tabele corespunde numărului din tabelul 1).

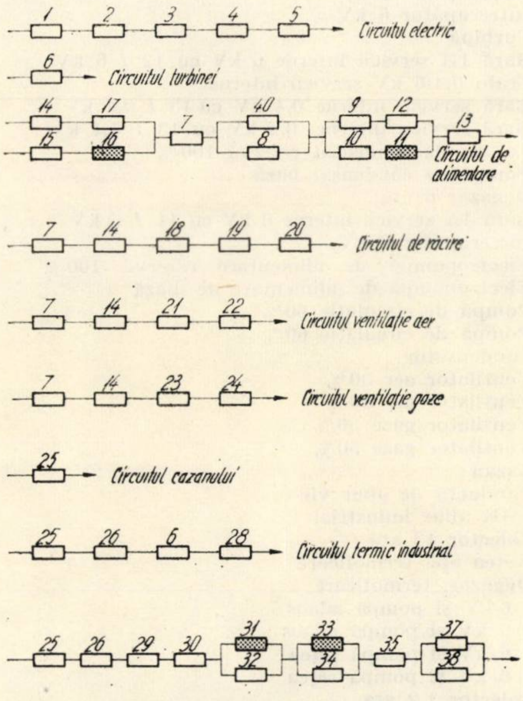

1
2
3
4
5
Circuitul electric
6
Circuitul turbinei
14
17
40
9
12
13
15
16
7
8
10
11
Circuitul de alimentare
7
14
18
19
20
Circuitul de răcire
7
14
21
22
Circuitul ventilaţie aer
7
14
23
24
Circuitul ventilaţie gaze
25
Circuitul cazanului
25
26
6
28
Circuitul termic industrial
25
26
29
30
31
32
33
34
35
37
38

Fig. 8. Circuitele de calcul în condiţii de succes energie electrică şi 50% energie termică (două secţii de servicii interne).

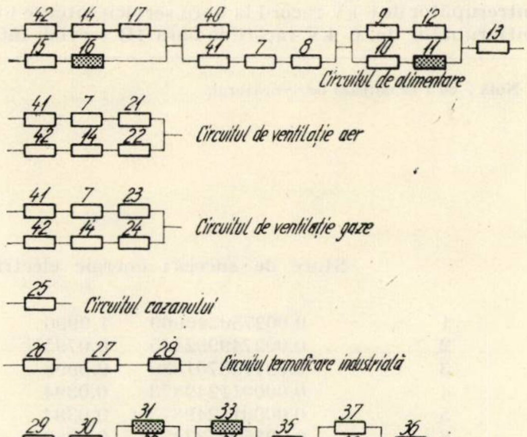

42
14
17
40
9
12
13
15
16
41
7
8
10
11
Circuitul de alimentare
41
7
21
42
14
22
Circuitul de ventilaţie aer
41
7
23
42
14
24
Circuitul de ventilaţie gaze
25
Circuitul cazanului
26
27
28
Circuitul termoficare industrială
29
30
31
32
33
34
35
37
38
36
Circuitul termoficare urbană

Fig. 9. Circuitele de calcul în condiţii de succes 100% energie electrică şi energie termică (două secţii de servicii interne).

h) Indicatorii folosiţi în calculul siguranţei în funcţionarea unui grup de 50 MW au fost apreciaţi pe bază unor date statistice şi a experienţei de exploatare, deoarece nu există încă date statistice complete (vezi tabelul 1).

Tabelul 1

Nr. crt.	Elementul din schemă	N	Durata ore $^{-1}$	λ ore $^{-1}$	μ ore $^{-1}$
1	Generator 50 MW	0,1	50	$0,114 \cdot 10^{-4}$	0,02
2	Transformator bloc 10/110 kV	0,08	300	$0,91 \cdot 10^{-5}$	0,0033
3	Cablu 6 kV · 500 m	0,2/km	10	$0,114 \cdot 10^{-4}$/500 m	0,1
4	Întrerupător 6 kV	0,4	2,5	$0,45 \cdot 10^{-4}$	0,4
5	Întrerupător 6 kV	0,4	2,5	$0,45 \cdot 10^{-4}$	0,4
6	Turbină	2	12	$0,2289 \cdot 10^{-3}$	—
7	Bară 1B servicii interne 6 kV cu 12 *I* 6 kV			$0,054 \cdot 10^{-3}$	0,4
8	Trafo 0,4/6 kV servicii interne	0,04	200	$0,45 \cdot 10^{-5}$	0,005
9	Bară servicii interne 0,4 kV cu 13 *I* 0,4 kV			$0,585 \cdot 10^{-3}$	0,4
10	Bară servicii interne 0,4 kV cu 13 *I* 0,4 kV			$0,585 \cdot 10^{-3}$	0,4
11	Pompă de condensat rezervă 100%	4	16	$0,4599 \cdot 10^{-3}$	0,0625
12	Pompă de condensat bază	4	16	$0,4599 \cdot 10^{-3}$	0,0625
13	Degazor 6 ata	1	20	$0,1144 \cdot 10^{-3}$	0,05
14	Bară 1A servicii interne 6 kV cu 11 *I* 6 kV			$0,495 \cdot 10^{-3}$	0,4
15	Întrerupător 6 kV	0,4	2,5	$0,45 \cdot 10^{-4}$	0,4
16	Electropompă de alimentare rezervă 100%	8	10	$0,9216 \cdot 10^{-3}$	0,1
17	Electropompă de alimentare de bază	8	10	$0,9216 \cdot 10^{-3}$	0,1
18	Pompă de circulaţie 60%	2	20	$0,2293 \cdot 10^{-3}$	0,05
19	Pompă de circulaţie 60%	2	20	$0,2293 \cdot 10^{-3}$	0,05
20	Condensator	4	10	$0,4587 \cdot 10^{-3}$	0,1
21	Ventilator aer 50%	2	12	$0,2289 \cdot 10^{-3}$	0,083
22	Ventilator aer 50%	2	12	$0,2289 \cdot 10^{-3}$	0,083
23	Ventilator gaze 50%	6	20	$0,6944 \cdot 10^{-3}$	0,05
24	Ventilator gaze 50%	6	20	$0,6944 \cdot 10^{-3}$	0,05
25	Cazan	8	25	$0,9345 \cdot 10^{-3}$	0,04
26	Conductă de abur viu	6	10	$0,6896 \cdot 10^{-3}$	0,1
27	SRR abur industrial	2	8	$0,2287 \cdot 10^{-3}$	0,125
28	Colector 13 ata	6	10	$0,6896 \cdot 10^{-3}$	0,166
29	Reţea apă termoficare	6	15	$0,692 \cdot 10^{-3}$	0,066
30	Degazor, termoficare	1	20	$0,1144 \cdot 10^{-3}$	0,05
31	*I* 6 kV şi pompă adaos			$0,3475 \cdot 10^{-3}$	0,20131
32	*I* 6 kV şi pompă adaos			$0,3475 \cdot 10^{-3}$	0,20131
33	*I* 6 kV şi pompă reţea			$0,6932 \cdot 10^{-3}$	0,12556
34	*I* 6 kV şi pompă reţea			$0,6932 \cdot 10^{-3}$	0,12556
35	Colector 1,2 ata	6	10	$0,6896 \cdot 10^{-3}$	0,166
36	SRR abur termoficare	2	8	$0,2287 \cdot 10^{-3}$	0,125
37	Boiler bază	3	10	$0,3436 \cdot 10^{-3}$	0,1
38	Boiler vîrf	3	12	$0,3438 \cdot 10^{-3}$	0,083
39	Bară 6 kV servicii interne cu 20 *I* 6 kV			$0,90 \cdot 10^{-3}$	0,4
40	Intrerupător de 0,4 kV			$0,45 \cdot 10^{-4}$	0,4
41	Intrerupător de 6 kV racord la bara servicii interne 6K1B			$0,45 \cdot 10^{-4}$	0,4
42	Intrerupător de 6 kV racord la bara 1B servicii interne			$0,45 \cdot 10^{-4}$	0,4

Notă : cu *I* se notează întrerupătorul.

Tabelul 2

Stare de succes: energie electrică şi termică 100% (2 secţii de bare la S.I.)

1	0.002750246609	1.9996
2	0.002749992445	0.0795
3	0.001138701880	0.0998
4	0.000011249873	0.0394
5	0.000011249873	0.0384
6	0.028536733455	9.9983
7	0.000134981777	0.4730
8	0.022004889976	0.0386
13	0.002282777006	0.9999
14	0.000123734688	0.4336
18	0.004565064614	1.9995
19	0.004565064614	1.9995
20	0.004566055503	3.9989
21	0.002750246609	1.9996
22	0.002750246609	1.9996
23	0.013697765434	5.9996
24	0.013697765434	5.9996
25	0.022829153892	7.9993
26	0.006848770876	5.9995

28		0.004137030745	6.0159
29		0.010376057098	5.9990
35		0.004137030745	6.0159
9	10	0.000000021383	0.0001
9	11	0.000001068148	0.0043
11	12	0.000026874544	0.4294
10	12	0.000001068148	0.0043
16	17	0.000042077753	0.8737
15	17	0.000000102732	0.0004
31	32	0.000001487302	0.3091
33	34	0.000015156078	0.6372
37	38	0.000014125247	0.0226

Probabilitatea de succes: 0.84524898

Numărul mediu de întreruperi: 72.510

Timpul mediu de funcţionare: 7404.4

5.2. *Rezultatele calculului*

Pentru starea de succes energie electrică și termică 100%, cel mai mare număr de întreruperi rezultă datorită grupului de defectare 25, deci datorită cazanului (vezi tabelul 1), urmînd în ordine 28 și 35, respectiv colectoarele de 13 și 1,2 ata.

Tabelul 3

Stare de succes : energie termică 50% și energie electrică ⋕
(2 secţii de bare la S.I.)

1		0.002750246609	1.9996
2		0.002749992445	0.0795
3		0.001138701880	0.0988
6		0.028536733455	9.9993
13		0.002282777006	0.8998
20		0.004566055503	3.9889
25		0.022828153892	7.9993
26		0.006848770876	5.9995
28		0.004137030745	6.0159
29		0.010376057098	5.9980
30		0.022368215235	0.9787
35		0.004137030745	6.0159
4	5	0.000000000127	0.0000
5	7	0.000000001519	0.0000
9	10	0.000000021383	0.0001
9	11	0.000001068149	0.0043
11	12	0.000026874544	0.4294
10	12	0.000001068149	0.0043
7	14	0.000000016702	0.0001
4	14	0.000000001392	0.0000
14	15	0.000000001392	0.0000
5	15	0.000000000127	0.0000
14	16	0.000001129925	0.0049
5	16	0.000000102732	0.0004
16	17	0.000042077753	0.8737
15	17	0.000000102732	0.0004
14	18	0.000000564857	0.0022
5	18	0.000000051356	0.0002
18	19	0.000020839815	0.0183
7	19	0.000000616201	0.0024
4	19	0.000000051356	0.0002
14	21	0.000000340301	0.0014
5	21	0.000000030940	0.0001
21	22	0.000007563856	0.0110
7	22	0.000000371233	0.0016
4	22	0.000000030940	0.0001
14	23	0.000001694889	0.0067
5	23	0.000000154098	0.0006
23	24	0.000187628778	0.1644
7	24	0.000001848949	0.0073
4	24	0.000000154098	0.0006
31	32	0.000001487302	0.3091
33	34	0.000015156078	0.6372
37	38	0.000014125247	0.0226
8	40	0.000000247552	0.0009
7	40	0.000000001519	0.0000
4	40	0.000000000127	0.0000

Probabilitatea de succes: 0.88699049
Numărul mediu de întreruperi: 52.692
Timpul mediu de funcţionare: 7770.1

Din punctul de vedere al probabilităţii de defectare, pe primul loc se situează transformatorul de bloc (grupul de defectare 2), urmat de turbină (grupul 6).

Pentru starea de succes energie termică 50% (energie electrică diferită de zero), cel mai mare număr de întreruperi rezultă datorită turbinei (grupul de defectare 6), urmată de cazan (25), colectorul de 13 ata (28) și reţeaua apă de termoficare (29).

Din punctul de vedere al probabilităţii, pe primul loc se situează transformatorul de bloc (2), urmat, ca și mai sus, de turbină.

Pentru starea de succes 50% energie termică fără energie electrică, cel mai mare număr de întreruperi se datorează cazanului (25), urmat de colectoarele de 13 ata (28) și 1,2 ata (35).

Din punctul de vedere al probabilităţii, pe primul loc se situează cazanul (25), urmat de degazor (30).

Tabelul 4

Stare de succes : alimentare cu energie termică 50%, fără
debitare de energie electrică (2 secţii de bare la S.I.)

13		0.002282777006	0.9999
25		0.022829153892	7.9993
26		0.006848770876	5.9995
27		0.001826258677	1.9998
28		0.004137030745	6.0159
29		0.010376057098	5.9990
30		0.022368215235	0.9797
35		0.004137030745	6.0159
36		0.001826258677	1.9988
9	10	0.000000021383	0.0001
9	11	0.000001068149	0.0043
11	12	0.000026874544	0.4294
10	12	0.000001068149	0.0043
7	14	0.000000016702	0.0001
14	15	0.000000001392	0.0000
14	16	0.000001129925	0.0049
16	17	0.000042077753	0.8737
15	17	0.000000102732	0.0004
14	21	0.000000340301	0.0014
21	22	0.000007563856	0.0110
7	22	0.000000371233	0.0016
14	23	0.000001694889	0.0067
23	24	0.000187628778	0.1644
7	24	0.000001848949	0.0073
31	32	0.000001487302	0.3091
33	34	0.000015156078	0.6372
37	38	0.000014125247	0.0226
8	40	0.000000247552	0.0009
7	40	0.000000001519	0.0000
40	41	0.000000000127	0.0000
24	41	0.000000154098	0.0006
22	41	0.000000030940	0.0001
14	41	0.000000001392	0.0000
41	42	0.000000000127	0.0000
23	42	0.000000154098	0.0006
21	42	0.000000030940	0.0001
16	42	0.000000020736	0.8000
15	42	0.000000000127	0.0000
7	42	0.000000001519	0.0000

Probabilitatea de succes : 0.92308846
Numărul mediu de întreruperi : 41.290
Timpul mediu de funcţionare : 8086.3

Din cercetarea datelor obţinute prin calcule bazate pe date statistice corespunzătoare se pot trage concluzii preţioase asupra comportării elementelor din instalaţie în vederea depistării punctelor slabe. De asemenea, în cazul în care se pornește de la indicatori de siguranţă impuși pe întreaga centrală (sau pe bloc), sau de necesităţile sistemului, se pot predetermina condiţiile de siguranţă pe care trebuie să le îndeplinească diverse subansambluri componente ale instalaţiei.

Concluzii

Dată fiind preocuparea existentă în toate ţările avansate pentru stabilirea unor metode de calcul pentru aprecierea cît mai obiectivă a condiţiilor de siguranţă în funcţionarea elementelor componente ale unui sistem energetic, se impune abordarea acestor probleme și în ţara noastră, pentru a crea premisele unor calcule de optimizare atît a soluţiilor de adoptat pentru blocurile energetice, cît și pentru dimensionarea sistemului energetic în general.

Premisa de bază pentru elaborarea unor astfel de calcule constă în existenţa unor baze statistice corespunzătoare metodologiei de calcul, bine puse la punct, şi a unui sistem corespunzător de prelucrare a datelor. Este necesar, prin urmare, ca actualele sisteme de culegere a datelor statistice din centralele electrice să fie adaptate necesităţilor metodologiei de calcul elaborate.

Se impune ca la stabilirea caracteristicilor tehnice ale unor utilaje nou asimilate, sau la asimilarea unor scheme tehnologice noi, condiţiile ce trebuie cerute furnizorilor să fie stabilite şi pe baza unor calcule statistico-probabilistice, din care să rezulte exigenţele faţă de acestea, în funcţie de nivelul de siguranţă cerut instalaţiei în ansamblu.

Programul de calcul prezentat constituie o soluţie nouă corespunzătoare şi accesibilă pentru determinarea indicatorilor de siguranţă ai blocurilor energetice, cu folosirea celor mai moderne mijloace de calcul.

Bibliografie

[1] Nitu, V.I., Albert, H. şi Brădescu, M. *Metode statistico-probabilistice utilizate în energetică.* Editura tehnică, Bucureşti, 1968.

[2] Albert, H. *Indicaţii privind calculul siguranţei în funcţionare a conexiunilor electrice* (ISPE).

[3] Oprişan, Gh., Petrescu, A.M. şi Pipa, G. *Algoritm şi program pentru determinarea siguranţei în funcţionare a blocurilor de 50 şi 300 MW din centralele R.S.R. (schema electrică şi termică).* Studiu ISPE.

[4] Nitu, V.I., Oprişan, Gh., Petrescu, A.M., Stein, M. şi Trifu, C. *Metodă de calcul al siguranţei în funcţionare a blocurilor energetice de mare putere* (CAER).

Contribuţii la întocmirea şi completarea modelului matematic pentru calculul siguranţei optime în alimentarea cu energie electrică

Dr. ing. **A. I. Poeată**, ing. **D. Ivas**,
ing. **Gh. V. Alexandrescu**
şi ing. **Gh. Cîrţină** *)

1. Generalităţi

Optimizarea unui sistem de alimentare cu energie electrică trebuie să se facă, în principiu, pe baza unor calcule tehnico-economice care să cuprindă întreaga gamă de conexiuni tehnice şi economice între procesele de producere, transport, distribuţie şi utilizare a energiei electrice. Efectuarea unor calcule în care să se ţină seama de cît mai mulţi factori tehnico-economici şi de interdependenţa lor necesită mijloace şi metode noi de calcul. În acest scop se utilizează tot mai larg modelele matematice [1].

Modelul matematic reprezintă un sistem de ecuaţii şi inegalităţi ce reflectă interdependenţa factorilor variabili din procesul studiat. Analiza modelului constă în rezolvarea problemei matematice pe baza criteriului de optimizare dat [2]. Elaborarea unui astfel de model implică, de fapt, realizarea unei serii de submodele care să oglindească legăturile dintre anumiţi factori sau să descrie, sub diverse aspecte, evoluţia sistemului (sarcină, avarii etc). Aceasta se face prin îmbinarea metodelor de calcul cu analiza statistică a datelor obţinute din exploatare sau încercări. Desigur, cu cît aceste submodele sînt mai perfecte şi cu cît criteriul de optimizare este mai complet ca stuctură şi posibilitate de exprimare numerică, cu atît modelul matematic general va da rezultate mai apropiate de optimul real.

2. Consideraţii asupra criteriului de optimizare

În cazul sistemelor de alimentare cu energie se utilizează curent drept criteriu de optimizare (funcţie economică, scop, criteriu), minimizarea expresiei cheltuielilor anuale de calcul:

$$Z = p\,I + C, \tag{1}$$

în care

p este coeficient normat de eficacitate economică;
I — valoarea investiţiilor;
C — cheltuielile anuale (amortismente, cheltuieli de întreţinere, salarii etc.).

Expresia lui Z este esenţială în majoritatea modelelor matematice folosite în optimizarea sistemelor electrice. Cu toate acestea, nu există încă un punct de vedere unitar asupra utilizării acestui criteriu şi, în ceea ce priveşte structura termenului C, nu sînt precizate suficient valorile numerice ale elementelor acestui termen. Aceasta se explică şi prin faptul că, o dată cu necesitatea creşterii preciziei metodelor de calcul, avînd în vedere valorile mari ale investiţiilor asupra cărora trebuie să se ia decizii, o parte dintre expresiile modelului, care erau considerate iniţial restricţii, sînt introduse ca termeni ai funcţiei-criteriu.

Se ştie că, în prezent, atributele esenţiale ale calităţii energiei electrice sînt permanenţa punerii ei la dispoziţia beneficiarului şi con-

---

*) Dr. ing. **A. I. Poeată** este conferenţiar, ing. **D. Ivas** este şef de lucrări, ing. **Gh. V. Alexandrescu** şi ing. **Gh. Cîrţină** sînt asistenţi la Institutul politehnic Iaşi.

stanţa tensiunii sub care este livrată. Acesta este motivul pentru care, în cazul distribuţiei energiei electrice, s-au definit în caietele de sarcini limitele de variaţie a tensiunii şi, mai rar, durata maximă anuală a avariilor. În orice problemă tehnico-economică, astfel de limite reprezintă condiţii obligatorii şi trebuie să ne asigurăm, la fiecare etapă de studiu, că ele sînt respectate. Este cunoscut însă faptul că în multe situaţii se recomandă să se înlocuiască aceste condiţii obligatorii prin costuri care să evalueze abaterile de la valorile de referinţă .[4] În felul acesta, expresia (1) începe să fie scrisă sub forma

$$Z = p\,I + O + D_i \qquad (2)$$

expresie [3], [5] în care tremenul D_i reprezintă daunele provocate de întreruperile în alimentarea cu energie electrică în cazul unei variante date.

O dată cu introducerea criteriilor integrale de analiză a calităţii tensiunii, în literatura de specialitate se propune să se aprecieze gradul de neregularitate a tensiunii la consumatori, în fiecare variantă de alimetare, şi să se atribuie fiecăruia o valoare economică sub forma unui preţ [4]. Pentru a scoate în evidenţă aceste considerente în cadrul unui model matematic de optimizare a unui sistem de alimentare, propunem ca expresia (1) să fie pusă sub forma

$$Z = pI + C + D_1 + D_u\,, \qquad (3)$$

în care D_u reprezintă aprecierea valorică a efectului economic provocat de abaterea tensiunii de la valoarea nominală în varianta considerată. Evident, în mod analog rămîne să se completeze expresia (1), după caz, cu termeni care să ţină seama de efectul economic al gradului de nesimetrie, al purităţii undei de tensiune şi curent etc. Deocamdată atenţia cercetătorilor este îndreptată în special asupra termenului D_i şi apoi asupra lui D_u.

În cele ce urmează se prezintă o serie de date obţinute de autori, cu ajutorul cărora se pot aprecia valorile termenilor D_i şi D_u din expresia (3) în anumite situaţii concrete.

3. Daunele provocate de întreruperile în alimentarea cu energie electrică la cîteva întreprinderi

Într-o serie de studii [6], [7] privind daunele provocate de întreruperile în alimentarea cu energie electrică, conform metodologiei [8], pentru o zonă industrială neomogenă s-a analizat structura acestor daune la o fabrică de ulei, una de ţesături şi filatură, una metalurgică, una de mase plastice şi una de mobilă.

După un studiu amănunţit al procesului tehnologic în fiecare fabrică, s-au stabilit cinci tipuri de daune, şi anume: D_1 — rebuturi în producţie şi stricarea materiei prime; D_2 — avarii şi deranjamente ale utilajului; D_3 — amortismente şi cheltuieli generale; D_4 — salarii plătite inutil pe perioada întreruperii; D_5 — venit net pierdut prin nerealizarea producţiei. În final s-au trasat curbele daunelor specifice d, în lei/kWh nelivrată.

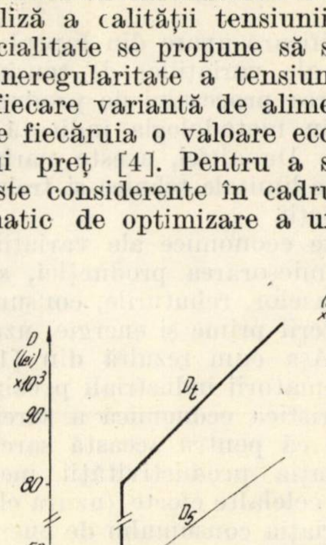


Fig. 1

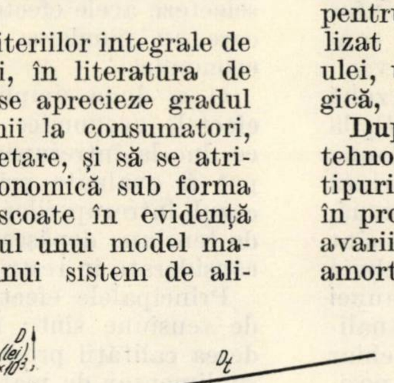


Fig. 2

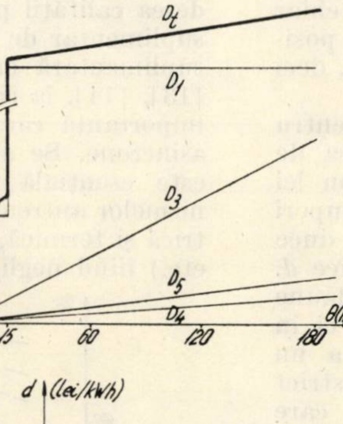


Fig. 3

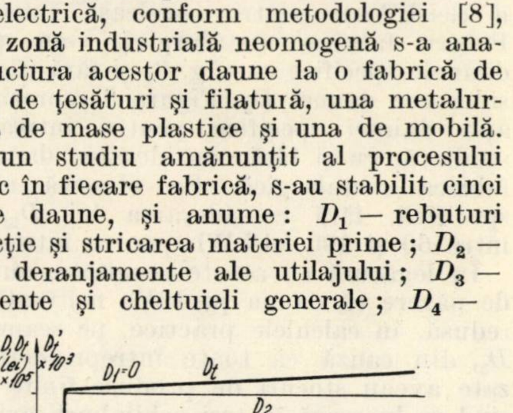


Fig. 4

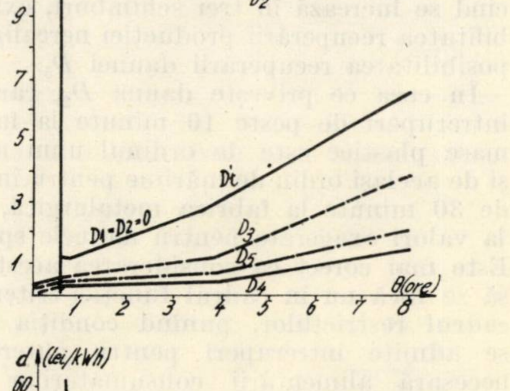


Fig. 5

În figurile 1, 2 și 3 sînt date daunele $D_1, \ldots, D_5$ și daunele totale D_t la fabricile de ulei de țesături și filatură și fabrica metalurgică. În figurile 4, 5, 6 și 7 sînt date daunele specifice d (lei/kWh) pentru aceleași întreprinderi. Pentru fabrica metalurgică s-au prezentat daunele specifice cu (fig. 6) și fără (fig. 7) considerarea daunei D_2. Figura 8 reprezintă variația daunei specifice pentru întreaga zonă studiată, cu și fără considerarea daunei D_2 la fabrica metalurgică. Se observă că dauna specifică, fără considerarea lui D_2, variază între 60 și 190 lei/kWh pentru întreaga zonă.

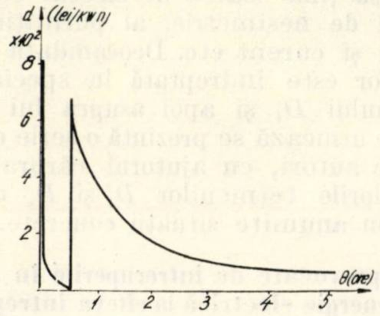


Fig. 6

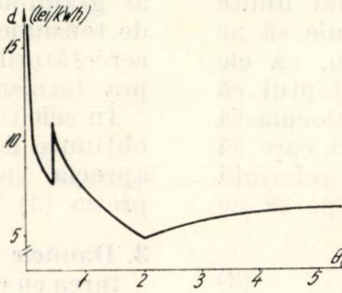


Fig. 7

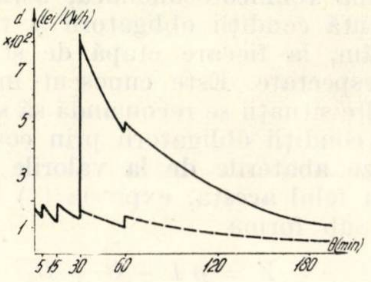


Fig. 8

În legătură cu aceste rezultate, autorii sînt de părere că dauna pe kWh nelivrată trebuie redusă, în calculele practice, pe seama daunei D_5, din cauză că toate întreprinderile analizate aveau stocuri de produse finite și, chiar cînd se lucrează în trei schimburi, există posibilitatea recuperării producției nerealizate, deci posibilitatea recuperării daunei D_5.

În ceea ce privește dauna D_2, care pentru întreruperi de peste 10 minute la fabrica de mase plastice este de ordinul unui milion lei și de același ordin de mărime pentru întreruperi de 30 minute la fabrica metalurgică, ea duce la valori exagerate pentru daunele specifice d. Este mai corect ca considerarea acestei daune să se facă nu în cadrul funcției-criteriu, ci în cadrul restricțiilor, punînd condiția de a nu se admite întreruperi pentru puterea strict necesară alimentării consumatorilor la care se produce dauna D_2.

4. Efectele economice ale variațiilor de tensiune asupra consumatorilor

Problema aprecierii valorice a efectului economic rezultat din variația tensiunii la diverși consumatori prezintă interes sub mutliple aspecte [12]. Pentru evaluarea acestor efecte, în literatura de specialitate [9], [10], [11] există multe studii și propuneri de metodologii riguroase. Desigur, studiile amănunțite ar da rezultatele cele mai apropiate de realitate. Inconvenientul constă în aceea că ele sînt foarte laborioase și este puțin probabil să fim în posesia unor asemenea date în timp util. De aceea, considerăm că într-o primă etapă este necesară stabilirea cel puțin aproximativă a acestor efecte economice, urmînd ca datele obținute să fie puse de acord cu cele noi, rezultate din studii mai amănunțite. Pentru aceasta, trebuie să se selecteze acele efecte ale variațiilor de tensiune care au ponderea maximă în caracteristicile economice.

O a doua simplificare apare din faptul că efectele economice ale variațiilor de tensiune ce duc la întreruperea procesului de producție pot fi evaluate prin metodologia indicată în cazul întreruperilor. De altfel, aceste variații de tensiune depășesc limitele tehnice și trebuie considerate în restricții.

Principalele efecte economice ale variațiilor de tensiune sînt : micșorarea producției, scăderea calității produselor, rebuturile, consumul suplimentar de materii prime și energie, uzura suplimentară etc. Așa cum rezultă din [12], [13], [14], la consumatorii industriali prezintă importanță caracteristica economică a sarcinii asincrone. Se arată că pentru această sarcină este esențială variația productivității mecanismelor antrenate, celelalte efecte (uzura electrică și termică, variația consumului de energie etc.) fiind neglijabile.

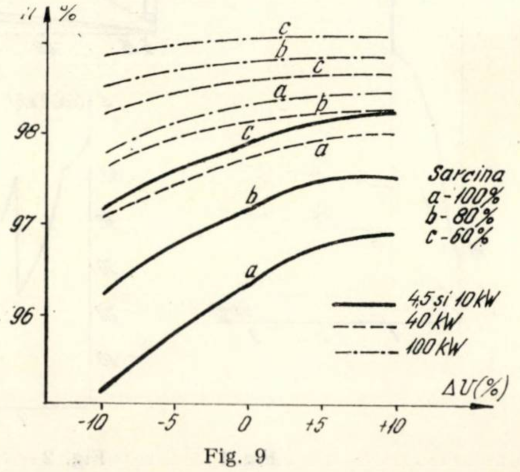


Fig. 9

În figura 9 s-au trasat curbele variației vitezei pentru motoare asincrone de diferite puteri și grade de încărcare, în funcție de tensiunea aplicată.

Aprecierea valorică a efectului variațiilor de tensiune s-a făcut considerînd că prin modificarea tensiunii se realizează o producție, în plus sau în minus, proporțională cu modificarea vitezei. Valoarea acestei producții se apreciază din daunele D_3, D_4 și D_5, determinate în cazul întreruperii alimentării. Metode similare sînt propuse în [9], [10], [12].

Ca indice specific s-a urmărit stabilirea efectului economic în bani/kWh în funcție de abaterea tensiunii de la valoarea nominală. S-a apreciat că puterea motoarelor asincrone, a căror variație de viteză duce la modificarea producției, este de 0,7 din puterea medie cerută.

Cu toate că puterea instalată în motoare asincrone, în cazul întreprinderilor analizate, reprezintă 0,8 — 0,95 din puterea totală, s-a adoptat coeficientul 0,7 pentru a ține seama de faptul că la o parte dintre motoare variația vitezei nu are influență asupra productivității.

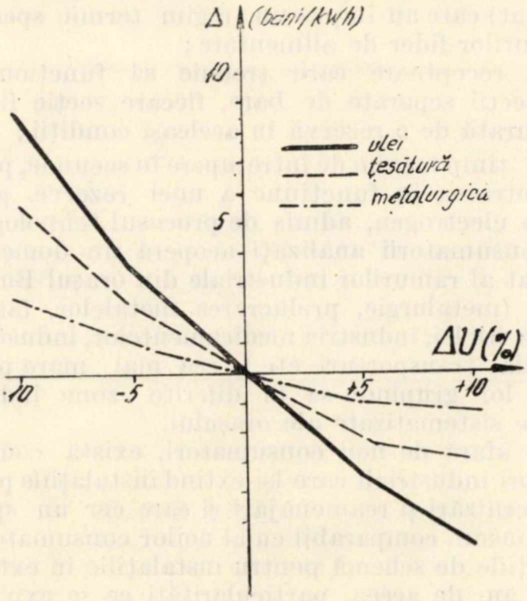


Fig. 10

În figura 10 sînt reprezentate variațiile daunei specifice în funcție de tensiune pentru întreprinderile prezentate, în condițiile încărcării motoarelor la 80 % din puterea nominală. Din curbele trasate rezultă, de exemplu, că în intervalul de variație a tensiunii de ± 5% dauna specifică are următoarele valori în bani/% kWh : ± 0,68 la fabrica de ulei, ± 0,19 la fabrica de țesături și filatură și ± 0,44 la fabrica metalurgică.

În figura 10 se observă că abaterile în minus ale tensiunii de la valoarea nominală provoacă daune, pe cînd abaterile pozitive cresc productivitatea, deci se obțin beneficii suplimentare. Se demonstrează, de asemenea, că al doilea efect economic important — uzura termică — scade cu creșterea tensiunii.

Din cele arătate se poate deduce că gradul de neregularitate, determinat în raport cu tensiunea nominală, nu poate constitui un indice economic în cazul sarcinii asincrone [11], [14].

Concluzii

1. Considerarea siguranței în studiile de alimentare cu energie electrică se poate face fie sub forma unor restricții generale privind continuitatea alimentării, fie considerînd siguranța în cadrul funcției economice Z prin termenul D_i. Ultimul procedeu este mai riguros și de aceea trebuie să fie continuate cercetările pentru a stabili cît mai corect valoarea termenului D_i.

2. Din studiul daunelor D_i rezultă că în unele cazuri acestea pot fi reduse cu valoarea componentei D_5.

3. În cazul unor daune D_2 mari este avantajos să se introducă restricții numai asupra puterii ce provoacă, prin întrerupere, dauna D_2, realizîndu-se o suboptimizare separată pentru asigurarea acestei puteri.

4. Calitatea tensiunii se consideră, în cadrul modelului structurii unei scheme, prin restricții, pentru variațiile de tensiune dinafara domeniului tehnic admis și prin termenul D_u în funcția-criteriu pentru variațiile de tensiune din domeniul tehnic admis. Valoarea aproximativă a lui D_u se poate aprecia relativ simplu la întreprinderile pentru care s-au studiat daunele cauzate de întreruperi.

Bibliografie

[1] Petcu, M. *Contribuții la optimizarea programului de dezvoltare a centralelor din sistemele energetice.* (Autoreferat). Academia R.S.R., Institutul de energtică, București, 1964.

[2] Dolgov, P.P. *Matematiceskie modeli energoekonomiceskovo analiza.* Akademiia nauk S.S.S.R., Izdatelstvo Nauka, Leningrad, 1968.

[3] Nitu, V., Albert, H. și Brădescu, M. *Metode statistico-probabilistice utilizate în energetică.* Editura tehnică, București, 1968.

[4] Gaussens, P. ș.a. *Metode moderne pentru studiul tehnico-economic al rețelelor.* CIGRE, 1962, vol. III, raport 326.

[5] Melnikov, N. A. *Elektriceskie seti i sistemi.* Izdatelstvo Energhiia, Moscova, 1969.

[6] Poeată, A., Preda, L. și Daniș, A. *Daunele provocate de întreruperea alimentării cu energie electrică la fabricarea produselor din mase plastice.* Buletinul Institutului politehnic Iași, tom XII (XVI), fascicula 3 — 4, 1967.

[7] Poeată A., Sava, A., Ivas, D. și Alexandrescu, Gh. V. *Daunele provocate de întreruperile în alimentarea cu energie electrică a unei zone industriale.* Buletinul Institutului politehnic Iași, tom XVI (XX), fascicula 1 — 2, 1970.

[8] Guțu, C., Petcu, M. și Soci, A. *Determinarea daunelor provocate de întreruperea alimentării cu energie electrică.* Studii și cercetări de energetică, 1961, tom XI(4).

[9] Guțu, C., Petcu, M. și Soci, A. *Determinarea efectului economic al variațiilor de tensiune asupra consumatorilor.* Studii și cercetări de energetică, 1963, tom XIII (3).

[10] Konstantinov, B. A. și Zaițev, G. Z. *Opredelenie narodnohozeaistvennovo ușcerba v promîșlennosti pri otkloneniiah napriajeniia.* Elektricestvo, nr. 5, 1966.

[11] Ailleret, P. *L'introduction de la mesure dans la notion de la qualité du service d'une distribution et son interêt au point de vue de la conception des réseaux.* Bulletin de la Société française des électriciens, VI, nr. 61, ian. 1956.

[12] Poeată, A., Cîrţină, Gh. și Alexandrescu, Gh. V. *Caracteristicile economice ale nodurilor sistemelor electrice.* Lucrare comunicată la sesiunea științifică a Institutului politehnic Iași, 2 — 4 iulie 1970.

[13] Konstantinov, B. A. și Baghiev, G.L. *Ob ușcerbe pri ponijenii napriajeniia.* Elektricestvo, nr. 3, 1970.

[14] Soldatkina, L.A. *O kolicestvennoi oțenke kacestva napriajeniia v raspredelitelnîh setiah.* Elektriceskie stanții, nr. 9, 1963.

Schemele electrice de alimentare a unor mari consumatori industriali din orașul București

Ing. E. Neagu și ing. C. Udrescu [*]

1. Considerații generale

Schemele electrice prezentate în acest articol redau soluțiile de alimentare cu energie electrică a unor mari consumatori industriali din orașul București, proiectate de I.D.E.B. în perioada 1958 — 1969. Ele se referă în special la instalațiile sistemului energetic exterior consumatorului, avînd tensiuni între 5 ÷ 110 kV și au fost concretizate în marea lor majoritate prin instalații în funcțiune (sau în curs de execuție), astfel încît justețea soluțiilor proiectate a putut fi verificată de rezultatele practice ale exploatării lor de pînă acum.

Schemele de alimentare ale receptoarelor din secțiile tehnologice ale întreprinderilor sau combinatelor — adică sistemul energetic interior (exploatat în general de consumator), care cuprinde instalații de 5 kV, 6 kV, 10 kV și joasă tensiune — au fost, în cele mai multe cazuri, proiectate de către consumator și din această cauză schemele respective nu sînt prezentate în articol.

2. Caracteristici ale consumatorilor analizați

Consumatorii industriali pentru care s-au proiectat de către I.D.E.B. schemele electrice de alimentare au o putere simultană maximă între 5 și 30 MVA. În marea lor majoritate consumatorii respectivi sînt de categoriile I și a II-a, în accepțiunea ce se dă acestor categorii prin regulamentele și normativele în vigoare; toți au receptoare vitale de categoria A (definită prin propunerile din normativul E 28 — 67), cu o putere electrică între 0,5 și 1 MW.

În afara încadrării generale din punctul de vedere al siguranței în alimentare, printr-un chestionar-temă s-au cerut consumatorilor precizări suplimentare privind consecințele întreruperii alimentării fiecărei categorii de receptoare, precum și precizări referitoare la caracteristicile de funcționare ale acestora. Dintre aceste caracteristici mai deosebite notăm :

a) cazuri de variații de sarcină (șocuri de curent) care au impus un regim termic special cablurilor-fider de alimentare ;

b) receptoare care trebuie să funcționeze pe secții separate de bare, fiecare secție fiind asigurată de o rezervă în aceleași condiții ;

c) timp maxim de întrerupere în secunde, pînă la intrarea în funcțiune a unei rezerve prin grup electrogen, admis de procesul tehnologic.

Consumatorii analizați acoperă un domeniu variat al ramurilor industriale din orașul București (metalurgie, prelucrarea metalelor, fabricarea sticlei, industria medicamentelor, industria textilă, transporturi etc.), cea mai mare parte a lor grupîndu-se în diferite zone industriale sistematizate ale orașului.

În afară de noii consumatori, există consumatori industriali care își extind instalațiile prin modernizări și reamenajări și care cer un spor de consum comparabil cu al noilor consumatori. Soluțiile de schemă pentru instalațiile în extindere au, de aceea, particularități ce se explică prin instalațiile existente.

3. Considerente care au stat la baza alegerii schemelor de alimentare

3.1. Schemele electrice au fost alese dintre cele mai caracteristice din rețeaua I.D.E.B., ele reprezentînd aproape toți marii consumatori industriali din orașul București. Concepția lor nu este unitară, lucru explicabil dacă amintim că au fost proiectate pe un interval de 10 — 12 ani, timp în care experiența și practica exploatării instalațiilor și-a spus cuvîntul, iar pe de altă parte prin faptul că unele se referă la utilizarea în continuare a unor instalații existente care încă nu au atins profilul lor maxim. Astfel, au fost prezentate :

— scheme electrice pentru consumatori industriali alimentați din instalații care satisfac şi alte genuri de consum (consum orăşenesc, consumatori speciali) şi care în mod evident trebuie să ţină seamă de caracteristicile acestor instalaţii „mixte";

---

[*] Ing. **Eugenia Neagu** este șeful atelierului de proiectări stații electrice al I.D.E.B., iar **Coriolan Udrescu** este inginer principal gr. II în cadrul aceluiași atelier.

— scheme electrice destinate numai noilor consumatori, fie că se referă la alimentarea unei zone industriale, fie că întreaga instalaţie energetică este destinată unui consumator industrial individual. Această ultimă soluţie este cea mai folosită în ultimul timp, deoarece are avantaje tehnice şi de exploatare evidente.

3.2. Elementele principale ale schemei electrice de alimentare au fost alese şi dimensionate pe baza unui chestionar-temă cerut de I.D.E.B. (ca proiectant), în care consumatorul respectiv a precizat datele necesare justificării schemei electrice, ca, de exemplu :

— categoria consumatorului (mai precis a receptoarelor ;)

— clasa receptoarelor ;

— condiţiile speciale cerute de consumator, limitele de variaţie ale parametrilor reţelei (tensiune, frecvenţă) admise de procesul tehnologic, precum şi consecinţele tehnologice ale nerespectării acestor limite ;

— dezvoltarea consumatorului în perspectiva unei perioade de 10 — 15 ani.

Schema de alimentare internă, proprie consumatorului, caracteristicile aparatajului acestei scheme au fost analizate şi avizate de I.D.E.B., deoarece ele pot influenţa sistemul exterior de alimentare, coordonarea lor fiind strict necesară din punctul de vedere al siguranţei în funcţionare.

S-a insistat mai ales asupra definirii cît mai corecte a categoriei receptoarelor analizîndu-se în detaliu gradul de siguranţă al acestora şi cerîndu-se precizări asupra consecinţelor întreruperilor alimentării cu energie electrică, evaluări cît mai corecte ale consecinţelor (daunelor) acestor întreruperi. S-a considerat necesar ca toate receptoarele să fie încadrate prin temă în cele trei clase preconizate în normativ.

Pentru consumatorii la care a rezultat că variaţiile de sarcină sînt apreciabile, s-a cerut curba de sarcină prezumată.

Aprecierea cît mai realistă a consumului şi a dinamicii sale a condus la alegerea unei soluţii pentru schema electrică de alimentare care să permită utilizarea la maximum a instalaţiilor şi mai ales eşalonarea în timp a executării lor. De menţionat tendinţa generală de exagerare de către consumatori a necesităţilor lor reale, ceea ce a condus la exagerări în dimensionarea schemei şi la investiţii care ar fi putut fi realizate eşalonat.

3.3. Datele statistice referitoare la comportarea în exploatare a aparatajului, precum şi cele referitoare la incidentele înregistrate în instalaţiile existente (asemănătoare ca schemă electrică cu cele proiectate) nu au fost suficient de bine utilizate pentru susţinerea noilor scheme proiectate.

S-a resimţit, din acest punct de vedere, lipsa unei metodologii de interpretare a datelor statistice mai ales pentru susţinerea introducerii schemelor electrice simple destinate noilor consumatori industriali (alimentări-bloc, cu aparataj puţin).

3.4. Analiza incidentelor de exploatare din insalaţiile electrice I.D.E.B. care alimentează consumatorii industriali existenţi a constituit un element important în proiectarea schemelor electrice pentru noii consumatori, în măsura în care s-au putut stabili concluzii juste asupra acestor incidente. Aspectul teoretic al fundamentării schemei electrice alese trebuie să fie corectat de comportarea aparatajului folosit în mod obişnuit în instalaţiile energetice.

3.5. Consecinţele întreruperii alimentării cu energie electrică, din punctul de vedere al pagubelor materiale suferite de consumator, nu au putut fi apreciate totdeauna suficient de exact, astfel încît să poată servi ca elemente de comparaţie între diferite soluţii de schemă analizate. Această situaţie se datorează atît deficienţelor în evidenţa acestor pierderi, cît şi interpretării juste a daunelor respective.

3.6. În aprecierea şi fundamentarea cît mai justă a schemelor electrice de alimentare a consumatorilor industriali trebuie menţionată, pe de o parte, tendinţa de a folosi scheme electrice complexe, mai elastice în exploatare, cu multiple posibilităţi de acţionare în caz de avarie, iar pe de altă parte ideea mai nouă de a utiliza scheme foarte simple, cu aparataj puţin şi, din acest motiv, cu probabilităţi foarte reduse de defecte, dar mai rigide în exploatare. Aceste tendinţe s-au confruntat mai ales în domeniul schemei electrice la 110 kV şi al alegerii numărului de unităţi de transformare.

Ţinînd seama că totuşi nivelul calităţii aparatajului fabricat în ţară este în continuă creştere, iar construcţia şi montajul instalaţiilor energetice se pot executa în cele mai bune condiţii, tendinţa spre simplitate este cea mai justă.

În concluzie, ridicarea nivelului de exploatare a instalaţiilor, evidenţa unor date statistice privind comportarea aparatajului, a instalaţiilor în general, precum şi folosirea unor metode ştiinţifice de interpretare a acestor date vor putea justifica alegerea unor scheme electrice de alimentare pe baze ştiinţifice, depistînd şi eliminînd elementele de apreciere arbitrară.

3.7. Alimentarea consumatorilor industriali s-a făcut în general prin separarea lor de consumul casnic, orăşenesc, la toate treptele de tensiune la care a fost posibil, ceea ce a dus, după experienţa de pînă acum, la mărirea siguranţei în exploatare a fiecăruia dintre cele două mari genuri de consumuri : urban şi industrial.

Astfel, în instalațiile mixte, pentru consumatorii industriali s-a aplicat soluția cu bare separate, distincte față de barele celorlalți consumatori cu specific urban.

De asemenea, pentru consumatorii mari s-au proiectat instalații de distribuție de genul punctului de alimentare, dar cu o schemă specială (PA de tip industrial) avînd rolul unei stații de distribuție uzinală la care se racordează posturile de transformare ale consumatorului (fig. 1).

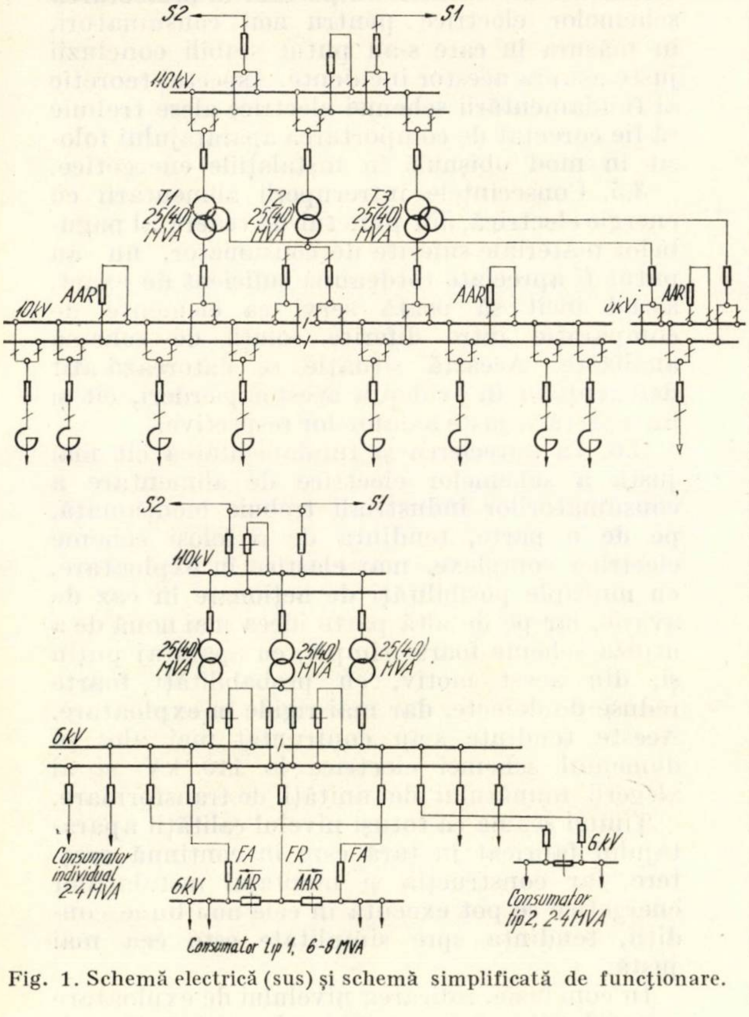


Fig. 1. Schemă electrică (sus) și schemă simplificată de funcționare.

3.8. Pentru consumatorii mari, în general cu puteri peste 10 MVA, s-a adoptat soluția alimentării lor prin introducerea tensiunii primare de alimentare de 30 kV sau 110 kV, pînă în centrul de consum (scheme de racord adînc) și prin stații de transformare de tip industrial, adică destinate exclusiv consumului industrial. Soluția conduce la o schemă electrică foarte simplă pentru stațiile de transformare, ceea ce mărește gradul de siguranță și scade cheltuielile de investiții. Exploatarea se poate face fără personal permanent în tură. Profilul acestor stații, ținînd seama de consumatorii industriali ai orașului București, variază între 2 × 16 și 2 × 40 MVA. Este, în general, soluția de alimentare a marilor consumatori industriali (fig. 8) corespunzătoare atît ca siguranță în exploatare, datorită simplității sale, cît și din punct de vedere economic. La realizarea ei se poate folosi aparatajul fabricat uzual în țara noastră. În altă ordine de idei, ea corespunde și nivelelor de consum prevăzute pentru marii consumatori industriali din orașul București în următorii 10 ani.

3.9. Unele dintre instalațiile existente ale I.D.E.B. s-au utilizat la maximum pentru alimentarea noilor consumatori industriali, aplicîndu-se soluțiile amintite care au la bază separarea cît mai netă a consumului industrial de cel orășenesc, bineînțeles numai în cazul în care comparația cu soluția alimentării din instalații noi a justificat folosirea instalațiilor existente (fig. 3).

3.10. Dezvoltarea în perspectivă a rețelei de 110 kV a orașului București, care a devenit de fapt rețeaua de distribuție de cea mai înaltă tensiune a orașului, s-a făcut ținîndu-se seamă și de perspectiva consumului industrial. În principiu s-a ales soluția alimentării prin stații de transformare de racord adînc, destinate numai consumului industrial (stații de tip ST industriale). Această soluție de alimentare a consumatorilor industriali separă în același timp instalațiile pentru rețeaua de medie tensiune de distribuție urbană de 10 kV și 5 kV de rețeaua de medie tensiune utilizată în industrie, care este în general de 6 kV.

4. Elemente caracteristice ale schemelor electrice

În schemele prezentate în acest articol s-au încadrat principalele și cele mai caracteristice tipuri de soluții aplicate de I.D.E.B. pentru alimentarea marilor consumatori industriali din București.

În figura 1 este redată o stație electrică de transformare într-o schemă clasică, cu o putere-plafon de 3 × 40 MVA, destinată alimentării unei zone industriale pentru care s-a utilizat tensiunea de 6 kV (schema electrică și schema simplificată de funcționare).

După puterea cerută, consumatorii au fost alimentați pe medie tensiune în scheme de distribuție diferite.

Remarcăm consumatorul de tip 1 pentru care s-a proiectat o stație de distribuție de 6 kV gen PA dublu cu 3 alimentări, corespunzătoare schemei de medie tensiune a stației de 110 kV.

Alimentarea consumatorilor industriali dintr-o zonă a orașului printr-o stație de 110 kV de racord adînc s-a proiectat și executat după schema electrică din figura 2. Stația alimentează mai multe unități industriale grupate ca amplasament în jurul stației.

Consumatorul cel mai important a fost alimentat pe partea de 10 kV printr-o schemă biradială care permite o mare siguranţă în exploatare şi asigură continuitatea procesului tehnologic impus de consumator. Fiecare transformator al unui post de transformare acoperă circa 70% din sarcina maximă, iar automatizarea pe joasă tensiune, precum şi schema reţelei de joasă tensiune asigură integral sarcina fiecărui sector de producţie alimentat de un post de transformare în caz de avarie.

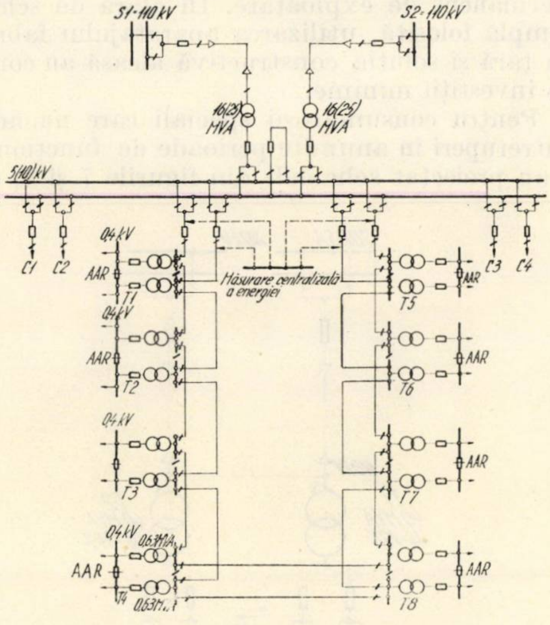

S1-110kV
S2-110kV
16(25) MVA
16(25) MVA
5(10)kV
C1
C2
C3
C4
0,4kV
AAR
T1
T2
T3
T4
0,63MVA
Măsurare centralizată a energiei
T5
T6
T7
T8

Fig. 2

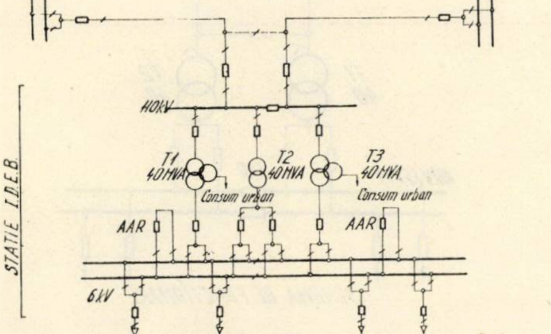

110kV
110kV
STAŢIE I.D.E.B
110kV
T1 40MVA
T2 40MVA
T3 40MVA
Consum urban
Consum urban
AAR
AAR
6kV
FA
FR
FA
FA
Măsurare centralizată a energiei
STAŢIE CONSUMATOR
6kV
I
II
III
C1
C2
C3

Fig. 3

Întreaga reţea de distribuţie de 10 kV şi joasă tensiune este exploatată de consumator. Staţia funcţionează fără personal permanent de exploatare.

Tot în aceeaşi concepţie, în figura 5 este reprezentată soluţia alimentării unui consumator de categoria I printr-o staţie de abonat tip racord adînc, foarte simplificată şi adaptată schemei biradiale pe partea de medie tensiune. Staţia funcţionează fără personal de exploatare.

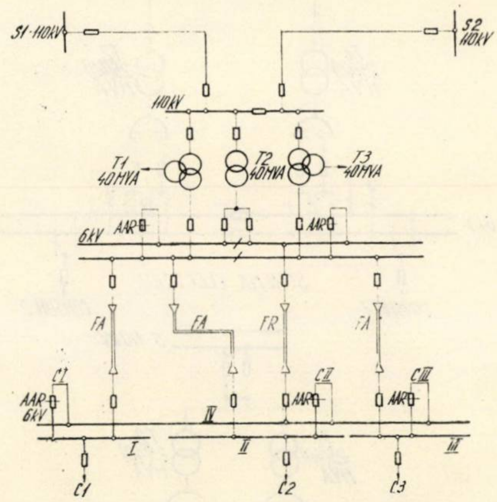

S1-110kV
S2 110kV
110kV
T1 40MVA
T2 40MVA
T3 40MVA
6kV
AAR
AAR
FA
FA
FR
FA
CI
CII
CIII
AAR 6kV
AAR
AAR
I
II
III
C1
C2
C3

Fig. 4. Schemă de funcţionare simplificată pentru schema electrică din figura 3.

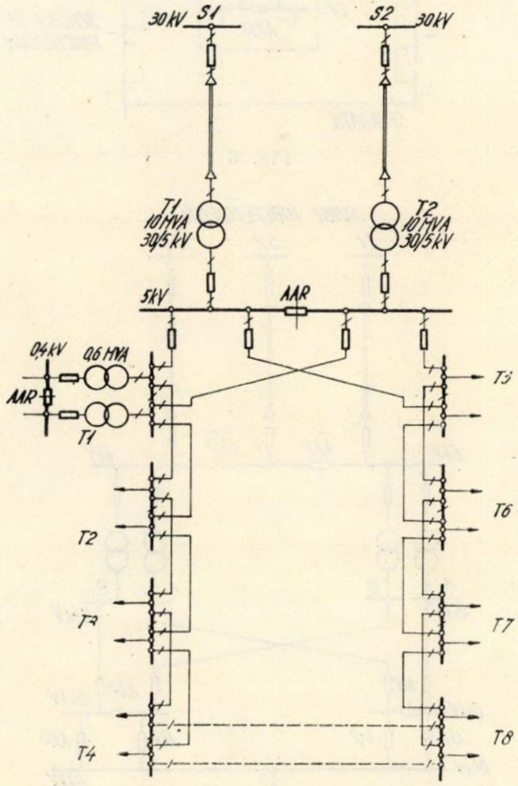

30kV
S1
S2
30kV
T1 10MVA 30/5kV
T2 10MVA 30/5kV
5kV
AAR
0,4kV
0,6MVA
AAR
T1
T2
T3
T4
T5
T6
T7
T8

Fig 5

Aceeaşi schemă de staţie de tip abonat, pentru o putere finală de 40 — 45 MVA, este redată în figura 6. De remarcat utilizarea bobinelor

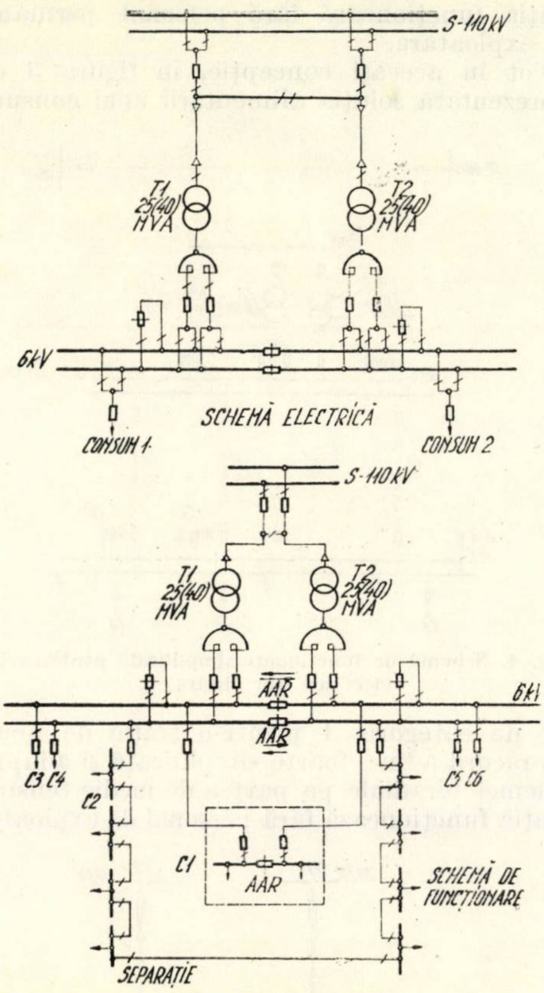

S-110kV
T1
25(40)
MVA
T2
25(40)
MVA
6kV
SCHEMĂ ELECTRICĂ
CONSUM 1
CONSUM 2
S-110kV
T1
25(40)
MVA
T2
25(40)
MVA
AAR
AAR
6kV
C3 C4
C5 C6
C2
C1
AAR
SCHEMĂ DE FUNCȚIONARE
SEPARAȚIE

Fig. 6

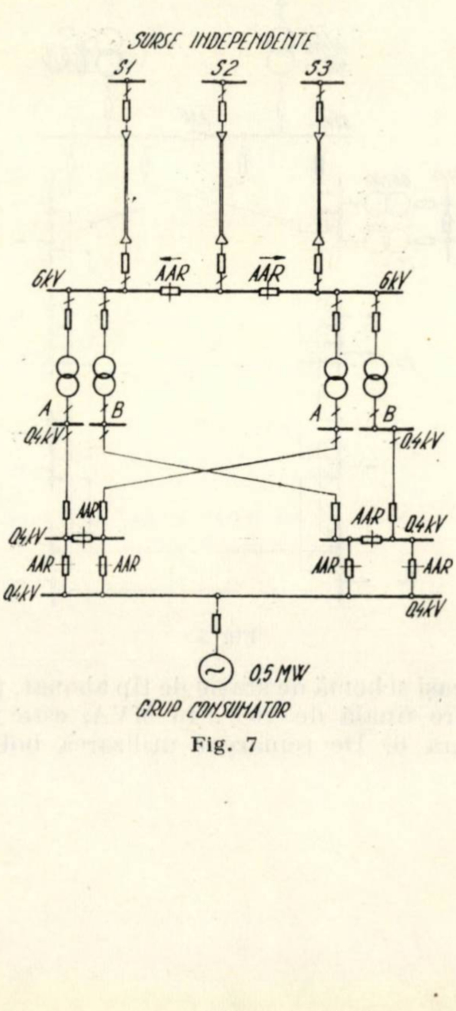

SURSE INDEPENDENTE
S1
S2
S3
6kV
AAR
AAR
6kV
A
B
A
B
0,4kV
0,4kV
AAR
AAR
0,4kV
0,4kV
AAR
AAR
AAR
AAR
0,4kV
0,4kV
0,5MW
GRUP CONSUMATOR

Fig. 7

de reactanță jumelate montate pe transformator. Automatizarea pe partea de 6 kV și, în general, schema simplă pe partea de 110 kV, au permis funcționarea stației fără personal permanent de exploatare. În afară de schema simplă folosită, utilizarea aparatajului fabricat în țară și soluția constructivă aleasă au condus la investiții minime.

Pentru consumatorii speciali care nu admit întreruperi în anumite perioade de funcționare, s-au proiectat schemele din figurile 7 și 8, care

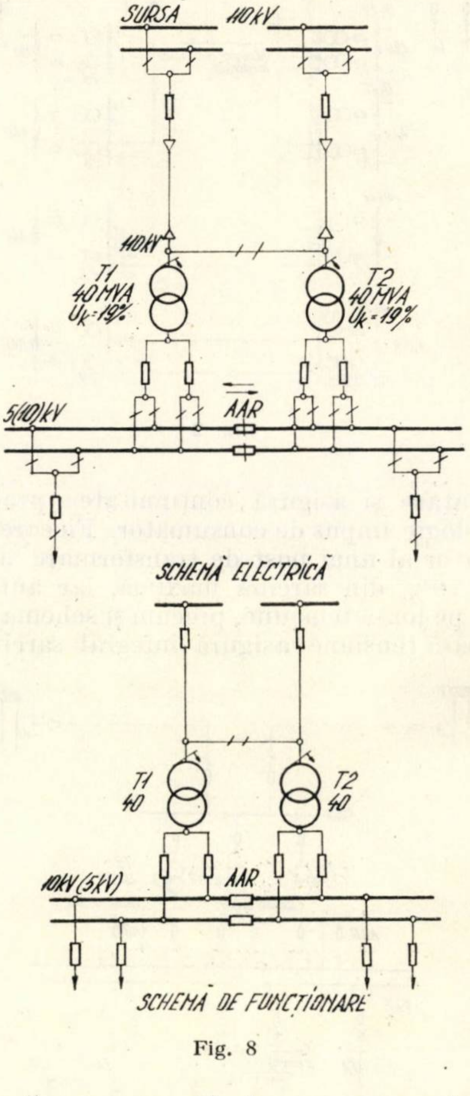

SURSĂ 110kV
110kV
T1
40MVA
Uk=19%
T2
40MVA
Uk=19%
AAR
5(10)kV
SCHEMĂ ELECTRICĂ
T1
40
T2
40
AAR
10kV(5kV)
SCHEMĂ DE FUNCȚIONARE

Fig. 8

utilizează un grup electrogen pe partea de 6 kV. S-a adoptat, la cerere, și un număr de trei căi de alimentare legate la surse independente, una dintre ele (a treia) putînd funcționa separat de sistemul energetic I.D.E.B. Schema este interesantă prin folosirea automatizărilor de rețea, a automatizărilor de grup și a separării prin instalații de DAS a receptoarelor de categoria B.

Pentru viitoarele zone industriale ale orașului sau pentru mari consumatori individuali, I.D.E.B. propune utilizarea unor scheme de staţie de tip abonat (racord adînc) sau ST industriale (fig. 8). Schema foarte simplă pe partea de 110 kV, precum şi utilizarea transformatoarelor şi a aparatajului fabricat în ţară determină valoarea mică a construcţiei şi a montajului. Instalaţiile pot funcţiona fără personal permanent de exploatare, fiind telecomandate de la un punct de dispecer central al reţelei.

Soluţia schemelor simple a condus şi la simplificarea soluţiei constructive. În oraşul Bucureşti, unde spaţiul destinat dezvoltării urbanistice pune problema utilizării cît mai economice a terenului, soluţiile simple care se pot realiza cît mai compact, pe un teren redus, sînt foarte avantajoase. Schema propusă pentru noile staţii de tip industrial satisface această condiţie.

Concluzii

Schemele de alimentare cu energie electrică aplicate de I.D.E.B. pentru marii consumatori industriali s-au orientat spre următoarele tendinţe :

— Utilizarea la maximum a instalaţiilor de 110 kV şi medie tensiune existente, în măsura în care această situaţie se justifică tehnicoeconomic faţă de proiectarea unor instalaţii noi.

— Adoptarea unor soluţii noi simple, prin pătrunderea înaltei tensiuni pînă în centrul de consum al zonei industriale şi folosirea staţiilor de abonat (de racord adînc).

— Alegerea şi justificarea pe baze ştiinţifice a schemelor proiectate, folosind în mod judicios statistica incidentelor, comportarea aparatajului şi experienţa de exploatare. Este de subliniat, în acest sens, necesitatea unei metodologii de calcul pentru folosirea acestor date.

— Înzestrarea instalaţiilor cu un volum de automatizare de telemăsură şi telecomenzi care să permită funcţionarea fără personal permanent de exploatare, dar menţinînd gradul de siguranţă corespunzător.

— Separarea, pe cît posibil la toate nivelele de tensiune, în instalaţiile de distribuţie a consumatorilor industriali de cei cu caracter urban sau de alţi consumatori speciali.

— Utilizarea unor scheme electrice pentru instalaţii care se pot executa integral sau aproape integral cu aparataj fabricat în ţară.

Analiza eficienţei economice a investiţiilor cu considerarea siguranţei în funcţionare

Dr. ing. **V. I. Nitu**
şi ing. **H. Albert**[*)]

Continua dezvoltare a electrificării, creşterea numărului de consumatori industriali importanţi şi a consumului urban de energie electrică fac necesare investiţii importante în instalaţiile electroenergetice. Corecta gospodărire a fondurilor de investiţii nu este posibilă fără o analiză a eficienţei economice a investiţiilor. În legătură cu aceasta, în cadrul I.S.P.E., s-a urmărit elaborarea unei metodologii de studiu care să permită stabilirea unei politici de urmat în dezvoltarea instalaţiilor, luînd în considerare costul investiţiei, cheltuielile anuale legate de întreţinerea instalaţiilor, precum şi daunele medii probabile ce intervin în alimentarea consumatorilor.

Metoda de studiu

1. Pentru stabilirea „măsurii" în care o anumită instalaţie corespunde scopului pentru care a fost realizată, este necesar să i se analizeze comportarea probabilă în timp şi să se stabilească consecinţele economice.

Pentru aceasta, în cadrul I.S.P.E. a fost elaborată o metodologie prin care funcţionarea sistemului este descrisă de un proces stocastic de tip Markov [1], [2], [3], [4] şi care conduce la :

1.1. Stabilirea probabilităţilor diferitelor stări prin care poate trece sistemul.

1.2. Stabilirea unor indicatori de siguranţă, care să permită evaluarea daunelor, şi anume :

— durata medie probabilă de funcţionare neîntreruptă ;

— durata medie probabilă de defect ;

— durata totală medie de succes într-un interval dat $(0, t)$;

— numărul mediu probabil al defectărilor într-un interval $(0, t)$;

— probabilitatea funcţionării neîntrerupte într-un interval $(t, t + x)$.

2. Compararea diferitelor variante studiate din punct de vedere economic se face pe baza cheltuielilor anuale de calcul, în care se intro-

---

[*)] Conf. dr. ing. **V. I. Niţu** este directorul I.S.P.E. ; ing. **H. Albert** este proiectant principal I la acelaşi institut.

duc şi daunele rezultate din nealimentarea consumatorilor :

$$Z = pI + C + D \quad [\text{lei/an}],$$

în care

p este coeficientul normat de eficienţă a investiţiei, % ;

I — valoarea totală a investiţiilor, lei ;

C — cheltuieli, lei/an ;

D — daune rezultate din nealimentarea consumatorilor, lei/an.

2.1. Valoarea investiţiei se stabileşte pe baza schemelor adoptate şi cuprinde :

— costul construcţiilor şi al utilajelor ;

— investiţiile de echivalare în centrale (de exemplu, cu 3 500 lei/kW instalat) şi deschiderea de mine (de exemplu, cu 0,34 lei /kWh), corespunzătoare pierderilor de putere (tehnologice) aferente transportului puterii cerute de consumatori.

Stabilirea pierderilor de putere pentru un an se efectuează considerînd duratele medii probabile de realizare a diferitelor scheme de conexiuni (conf. pct. 1.1. şi 1.2.) şi sarcinile electrice aferente.

2.2. Cheltuielile anuale cuprind :

— amortizări, întreţinere şi personal (considerat uzual ca un coeficient din investiţie, de 5,5 %) ;

— costul reparaţiilor accidentale, al căror număr actual se stabileşte prin calcul, costul reparaţiilor pe tip de utilaj (întreruptor, separator, linie, cazan, turbină ş.a.) fiind stabilit pe baze statistice ;

— costul pierderilor de energie, stabilite cum s-a indicat mai sus şi calculate, de regulă, la un preţ mediu de 0,175 lei/kWh.

2.3. Daunele la consumator se stabilesc în funcţie de caracteristicile acestuia, şi anume :

— daune proporţionale cu durata întreruperii (rezultate din indicatorul de siguranţă ,,durata totală medie probabilă de refuz într-un an'' şi dauna, în lei/kWh nelivrată, stabilită de întreprinderea consumatoare) ;

— daune proporţionale cu numărul întreruperilor de o anumită durată [rezultate din indicatorul de siguranţă ,,numărul mediu probabil al defectelor de o anumită durată într-un interval (0, t),, şi dauna, în lei/întrerupere, stabilită de întreprinderea consumatoare].

Daunele totale rezultă din însumarea tuturor categoriilor.

Este de menţionat că, dacă calculul indicatorilor poate fi făcut după metode cunoscute şi pe baza unor date referitoare la comportarea instalaţiilor urmărite statistic, valorile pentru daune sînt încă, pentru multe întreprinderi, cu totul orientative.

Se constată că investiţiile şi cheltuielile de exploatare pentru alimentarea unui consumator industrial din sistemul energetic sînt în directă legătură cu gradul de asigurare cerut de acesta. Sînt fixate condiţiile generale de asigurare a alimentării din sistem [5] ; se impune deci ca, înainte de a se stabili condiţiile de siguranţă cerute alimentării din sistem, fiecare consumator industrial să aibă un studiu prealabil în colaborare cu M.E.E. asupra oportunităţii unor măsuri de siguranţă pe linie tehnologică comparativ cu dotarea suplimentară a sistemului energetic.

Dat fiind sporul de investiţii în sistemul energetic, aferent exclusiv creşterii gradului de siguranţă al unui anumit consumator, se consideră indicat ca acesta să contribuie la realizarea investiţiei cu valoarea respectivă ; preluarea cheltuielilor suplimentare de exploatare se poate realiza printr-un tarif diferenţiat după gradul de asigurare a continuităţii în alimentare. Se poate adopta eventual un tarif care să ţină seamă atît de sporul de investiţii, cît şi de cel al cheltuielilor anuale aferent măririi gradului de siguranţă în exploatare, renunţîndu-se în acest caz la participarea directă a consumatorului industrial la investiţii.

Apare necesară o reglementare în legătură cu participarea consumatorilor industriali la investiţiile şi cheltuielile de exploatare rezultate în sistemul energetic, ca urmare a cerinţelor suplimentare de siguranţă a acestora peste asigurările normale.

Aplicaţie

Pentru exemplificarea metodologiei expuse s-a ales un caz simplu, şi anume alimentarea unui consumator industrial cu sarcină constantă în cele trei schimburi :

— varianta a — consumul total de 150 MW ;

— varianta b — consumul total de 250 MW ;

cu un cos φ = 0,95 în ambele variante.

Alimentarea este prevăzută la tensiunea de 220 kV. Se urmăreşte stabilirea numărului optim de cabluri necesar a fi montate pentru stabilirea puterii cerute la barele de 220 kV ale consumatorului.

S-au considerat scheme cu 1—4 cabluri. În fiecare dintre cele patru cazuri s-au calculat :

— probabilitatea funcţionării cu toate cablurile ;

— probabilitatea defectării unui cablu ;

— probabilitatea defectării simultane a două cabluri ş.a. ;

— durata nefuncţionării a 1,2 ... cabluri/an ;

— numărul de defectări a 1,2 ... cabluri/an.

Ştiind că :

— investiţia aferentă unei alimentări în cablu (celule de capăt şi 5 km cablu) s-a considerat de 17 400 mii lei ;

— pierderile de putere în cele două ipoteze sînt :

Nr. cabluri	Varianta	
	a (kW)	*b* (kW)
1	87	113 (cu sarcină normală 180 MW)
2	43,5	120
3	29	80
4	21,7	60

la care se adaugă pierderile în dielectric, care, pe cablu, sînt 4 kW/km ;

— costul unei reparaţii accidentale la o celulă de 220 kV s-a aproximat la 20 000 lei, iar al unei reparaţii accidentale la cablu la 400 000 lei ;

— daunele la consumator s-au considerat de 1 000 000 lei/întrerupere mai lungă de 5 minute și de 5 lei/kWh nelivrată;

S-a obținut (fig. 1) variația cheltuielilor anuale de calcul. În figurile 1 și 2, curba *C* reprezintă variația cheltuielilor anuale de calcul fără considerarea daunelor la consumator și a costului reparațiilor accidentale. Prin curbele *A* și *B* sînt reprezentate, cu considerarea daunelor și a costului reparațiilor accidentale, variațiile cheltuielilor anuale în cele două variante analizate.

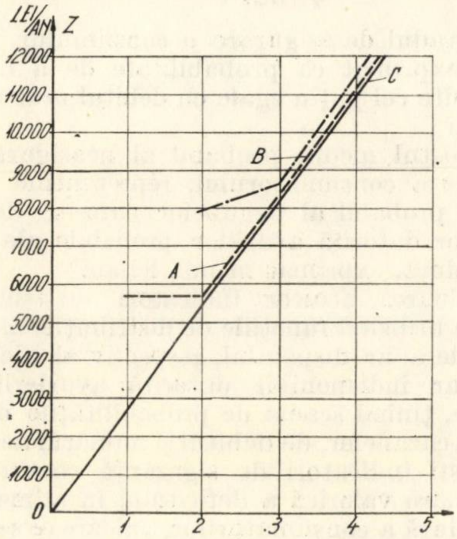


Fig. 1

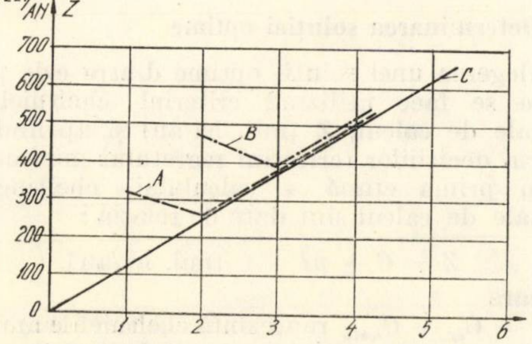


Fig. 2

Se poate constata că:

— în varianta *a*, optimul îl reprezintă schema cu două cabluri. Introducerea unui al doilea cablu de rezervă — situație adeseori cerută de beneficiari — este net dezavantajoasă, cheltuielile anuale fiind cu circa 2 900 mil. lei mai mari (49%);

— în varianta *b*, introducerea unui cablu de rezervă, față de cele două necesare pentru transportul puterii în regim normal, se justifică la limită (un plus de cheltuieli anuale de 10%), deoarece în lipsa unei căi de alimentare cealaltă poate prelua 180 MW (față de 250 MW consum total), deci o putere nelivrată de numai 70 MW. De asemenea, lipsa totală a tensiunii este un fenomen rar, ea fiind determinată de căderea simultană a ambelor căi de alimentare.

În cazul în care legăturile în cablu ar fi fost înlocuite prin linii aeriene (fig. 2) și sporul de investiții la introducerea unei căi suplimentare de rezervă ar fi fost mai mic (5 km linie aeriană de 220 kV de aprox. 2 500 000 lei, față de 5 km cablu de aprox. 12 000 000 lei) concluziile rămîn aceleași pentru cazul *a*, iar în cazul *b* se justifică net economic a treia cale de alimentare.

Modul de analiză prezentat rămîne același pentru studiul oricărui complex.

Determinarea probabilităților stărilor prin care trece sistemul și a indicatorilor numerici este însă mai complicată și se face apelînd la un calculator.

Concluzii

Stabilirea eficienței economice a unei investiții trebuie făcută luînd în considerare efortul de investiții și efectul acestora în asigurarea alimentării consumatorilor.

Considerarea siguranței în funcționare este importantă în calculele tehnico-economice, ea stabilind ordinea soluțiilor din punctul de vedere al eficienței economice.

În prezent se dispune de o metodologie de calcul al indicatorilor de siguranță în funcționare. Este necesar să se concentreze atenția asupra obținerii datelor statistice referitoare la exploatarea utilajelor (inclusiv costul reparațiilor accidentale) și la daunele la consumatori.

Pentru o corectă repartizare, între întreprinderea furnizoare de energie (sistem energetic) și consumatorul industrial, a investițiilor și cheltuielilor de exploatare necesare măririi gradului de siguranță în alimentare, se impune ca prin tarif diferențiat, după nivelul asigurării continuității în alimentarea cu energie, precum și printr-o eventuală contribuție directă la aceste investiții, consumatorul industrial să participe la suplimentarea instalațiilor energetice și a cheltuielilor de exploatare condiționate de sporul de siguranță cerut de el.

Bibliografie

[1] Sendler, G. N. *Tehnika nadejnosti sistem* (traducere din limba engleză. System Reliability Engineering). Moscova, Izdatelstvo Nauka, 1966.

[2] Nitu, V. I., Albert, H. și Brădescu, M. *Metode statistico-probabilistice utilizate în energetică.* Editura tehnică, București, 1968.

[3] Nitu, V. I., Albert, H. și Brădescu, M. *Metodă generală de studiu al siguranței funcționării complexelor energetice.* Studii și cercetări de energetică și electrotehnică, tom. 18, nr. 2, 1968.

[4] Nitu, V. I., Albert, H. și Brădescu, M. *Criterii de optimizare privind siguranța în funcționare.* Studii și cercetări de calcul economic și cibernetică economică, nr. 3, 1969.

[5] Manolescu, G. și Bordeian, N. *Considerarea siguranței în funcționare în studiile privind dezvoltarea optimă a rețelelor de înaltă tensiune din sistemul energetic.* Material prezentat la consfătuirea tehnico-științifică „Siguranța în alimentarea cu energie electrică și căldură a marilor consumatori industriali”. Galați, octombrie 1970.

[6] Nitu, V. I. *Influența siguranței în alimentarea cu energie electrică și căldură asupra calculelor economice în domeniul energetic.* Energetica 18, nr. 9, 1970.

[7] Albert, H. *Analiza deciziilor de exploatare din punct de vedere al siguranței în funcționare.* A II-a Conferință a electricienilor, București, septembrie 1969.

[8] Albert, H. *Metodă de calcul al siguranței conexiunilor energetice utilizată în proiectare.* Material prezentat la consfătuirea tehnico-științifică „Siguranța în alimentarea cu energie electrică și căldură a marilor consumatori industriali”, Galați, octombrie 1970.

Stabilirea soluțiilor optime ale profilului sursei de alimentare cu căldură a consumatorilor industriali în condiții de siguranță impuse

Ing. **D. Rențea**, ing. **C. Goldenberg**, ing. **L. Ghioca**, ing. **M. Stăncescu** și ing. **A. Vlădescu** [*]

1. Generalități

În diverse studii pentru determinarea soluției optime în alimetarea cu căldură, dintr-o centrală electrică de termoficare sau centrală termică, a consumatorilor industriali, apare problema analizei diferențiate a soluțiilor examinate din punctul de vedere al siguranței în alimentare, în conformitate cu condițiile impuse de consumatori.

În funcționarea surselor de căldură din centralele de termoficare sau centralele termice (în principal cazane de abur și cazane de apă fierbinte), datorită unor avarii intervin opriri neplanificate, forțate, opriri care conduc la scăderea debitului de căldură livrată la consumator. Scăderea peste o anumită limită a debitului poate avea asupra consumatorului efecte negative (pierderi de producție, avarieri de utilaje etc.).

În funcție de importanța consumatorului și de mărimea pagubelor produse de scăderea debitului de căldură, consumatorul trebuie alimentat în condițiile unor limite minime de debit și de durată. Satisfacerea acestor condiții de siguranță are urmări directe asupra nivelului de echipare al soluției optime, conducînd în cazul unor condiții severe de siguranță impuse de consumator la montarea suplimentară a unor cazane care să înlocuiască temporar în funcționare pe cele avariate.

2. Caracterizarea soluțiilor de alimentare cu căldură din punctul de vedere al siguranței în funcționare

Examinarea soluțiilor de alimentare cu căldură a unui consumator industrial, astfel încît să fie satisfăcută condiția impusă pentru siguranța în funcționare, se face utilizînd elemente de teoria probabilităților și are ca scop determinarea următorilor indicatori :

— timpul mediu probabil de funcționare, respectiv timpul mediu probabil de neasigurare a debitului de căldură într-o perioadă de timp (1 an), exprimat în h/an ;

— gradul de asigurare a cantității anuale de căldură necesară, ca raport între cantitatea anuală de abur asigurat și cantitatea necesară :

$$G = \frac{Q^{an}_{necesar} - Q^{an}_{neasigurat}}{Q^{an}_{necesar}} \times 100 \quad [\%];$$

— gradul de asigurare a consumului maxim orar, exprimat ca probabilitate de a dispune de debite cel puțin egale cu debitul orar maxim necesar ;

— costul mediu probabil al neasigurării cu căldură a consumatorului, reprezentînd costul mediu probabil al pagubelor suferite de consumator datorită avariilor probabile ale sursei de căldură, exprimat în mil. lei/an.

Evaluarea acestor indicatori de siguranță se face utilizînd funcțiile de distribuție ale debitului de abur disponibil, respectiv ale debitului de abur indisponibil datorită avarierii unor cazane, ținînd seama de probabilitățile de avariere a cazanelor, de debitul și numărul acestora.

Acești indicatori de siguranță conduc la o exprimare valorică a deficitului în alimentarea cu căldură a consumatorilor, valoare ce se introduce în calculul tehnico-economic de compensare a eficienței soluțiilor propuse.

3. Determinarea soluției optime

Alegerea unei soluții optime dintre cele propuse se face utilizînd criteriul cheltuielilor anuale de calcul, Z (mil. lei/an) și apelînd la teoria deciziilor (criteriul regretului minimax).

În prima etapă a calculului, cheltuielile anuale de calcul sînt date de relația :

$$Z = C + pI \qquad [\text{mil. lei/an}],$$

în care

$C = C_{ef} + C_{echiv}$ reprezintă cheltuielile anuale efective și cheltuileile anuale de echivalare ;

$I = I_{ef} + I_{echiv}$ — investițiile efective și investițiile de echivalare ;

p — coeficientul normat de eficiență a investiției (an^{-1}),

$$p = \frac{1}{T} = \frac{1}{10} = 0{,}1 \ (\text{an}^{-1}).$$

Dat fiind un anumit grad de incertitudine în privința realizării consumului de căldură preconizat și a regimului de încărcare a turbinelor de termoficare cu condensație și priză, calculul soluțiilor se efectuează în diferite ipoteze de realizare a consumului (100% și 70%) și de încărcare a turbinelor de condensație și priză (coada de condensație încărcată la maximum sau la minimum).

Elementele componente caracteristice ale lui Z se determină pentru fiecare soluție în parte, și rezultă din analiza regimului de exploatare al centralei (putere și energie electrică produsă, consum anual de combustibil aferent producerii energiei electrice și căldurii în termoficare, investițiile efective și cheltuielile anuale efective).

---

[*] Autorii lucrează la ISPE: **Dumitru Rențea** și **Carol Goldenberg** sînt ingineri proiectanți principali 1 ; **Laurențiu Ghioca** este șef de atelier; **Marina Stăncescu** și **Anton Vlădescu** sînt ingineri proiectanți.

În condițiile de studiere a unei soluții în situații diverse de realizare a consumului de căldură și a regimului de funcționare, apare necesar, pentru stabilirea soluției optime, apelul la teoria deciziilor, și anume folosirea criteriului regretului minimax. Acest criteriu indică alegerea unei soluții pentru care riscul este minim. Riscul asociat unei decizii (soluții) este determinat prin valoarea celor mai mari cheltuieli anuale de calcul suplimentare, comparativ cu cele care se obțin în raport cu o decizie optimă în ipoteza că se cunoaște apriori desfășurarea evenimentelor viitoare.

În prima etapă de calcul, stabilirea soluției optime se face numai prin compararea tehnicoeconomică a soluțiilor din punctul de vedere al cheltuielilor anuale de calcul, fără a se lua în considerare efectele condițiilor de siguranță impuse de consumator.

În a doua etapă se determină indicatorii de siguranță pentru fiecare soluție de profil propusă și daunele medii probabile cauzate consumatorului datorită avarierii unor cazane în centrala de termoficare sau în centrala termică, avarii care conduc la limitarea cantității de abur livrate. În cazul în care indicatorii de siguranță obținuți sînt inacceptabili datorită condițiilor impuse de consumator, se suplimentează numărul de cazane instalate, ceea ce conduce la mărirea rezervei și la îmbunătățirea acestor indicatori pînă la nivelul acceptat.

Pe baza celor menționate, în această etapă se corectează valoarea cheltuelilor anuale de calcul stabilite anterior cu $Z_{deficit}$ (cheltuielile anuale de calcul datorită daunelor produse de avarierea cazanelor) și, dacă este cazul, cu Z_{supl} (cheltuielile anuale suplimentare legate de instalarea suplimentară de cazane), respectiv :

$$Z_T = Z + Z_{def} + Z_{supl} = C + pI + Z_{def} + Z_{supl} \quad [\text{lei/an}].$$

4. Determinarea efectelor avariilor sursei de alimentare cu căldură asupra unor consumatori industriali în condiții de siguranță impuse în două cazuri specifice

Influența avariilor sursei de alimentare cu căldură asupra consumatorilor industriali este funcție de condițiile de siguranță impuse de aceștia, dependente de natura procesului tehnologic, mărimea debitului de abur nelivrat și durata reducerii debitului; acești factori conduc la apariția unor categorii caracteristice de condiții de siguranță pe care le pot solicita consumatorii industriali.

În continuare se prezintă modul de calcul al indicatorilor de siguranță menționați și al daunelor provocate de limitarea debitului de abur livrat în două cazuri distincte de condiții de siguranță impuse de consumatorii industriali. Modul de determinare a soluției optime de alimentare este în ambele cazuri același , respectiv cel prezentat la pct. 3, diferind numai modul de evaluare a daunelor.

4.1. *Consumator industrial ce exprimă neasigurarea cu abur prin pierderi de producție proporționale cu debitul de abur neasigurat*

Consumatorul industrial necesită, funcție de anotimp (iarnă, vară), asigurarea cu un debit maxim orar Q^{max} (t abur/h), impunînd condiția ca debitul de abur livrat să nu scadă sub o valoare Q_{min} (t/h). O scădere sub această valoare conduce la pierderi de producție D_i (lei/t) proporționale cu debitul neasigurat Q_{ns_i} (t/h).

Etapele calculului pentru stabilirea soluției optime de profil în această situație sînt date în schema logică din figura 1.

Pentru fiecare soluție se vor parcurge următoarele etape :

a) Definirea soluției, respectiv numărul de cazane și debitul maxim orar de abur disponibil, $Q^{max}_{disp} > Q^{max}$, în cazul în care funcționează toate cazanele.

b) Întocmirea diagramei de revizii și reparații planificate funcție de timpii individuali de reparație ai fiecărui cazan, în conformitate cu Regulamentul de exploatare tehnică al M.E.E. Pe baza acestei diagrame se determină perioadele de funcționare t_k, $k = 1, 2, \ldots, T$, în care se poate dispune simultan de un același număr de cazane, perioade diferențiate după debitul livrat, precum și debitul de abur disponibil :

$$Q_{disp} \leqslant Q^{max}_{disp}.$$

(Pentru exemplificare, în figura 2 este prezentată o astfel de diagramă.)

c) Calculul funcției de distribuție f_d a probabilităților debitelor de abur în avarie, Q_{av} :

$$\begin{bmatrix} Q_{av_1} = 0,\ Q_{av_2},\ Q_{av_3}, \ldots,\ Q_{av_i}, \ldots,\ Q_{av_n} = Q_{disp} \\ P_1,\ P_2,\ P_3,\ \ldots,\ P_i,\ \ldots,\ P_n \end{bmatrix}_{t_k},$$

pentru fiecare periodaă de funcționare t_k rezultată. Funcția de distribuție a probabilităților debitelor de abur în avarie indică probabilitatea p_i ca un debit de abur $0 \leqslant Q_i \leqslant Q_{disp}$, corespunzînd la unul sau mai multe cazane, să fie în avarie.

În cazul în care în aceeași perioadă de funcționare t_k sînt indisponibile mai multe grupuri de cazane de tipuri diferite, se calculează funcția de distribuție f_d pentru grupuri de cazane de același tip (debit), iar apoi se înmulțesc între ele aceste funcții, obținîndu-se funcția de distribuție a probabilităților debitelor în avarie pentru toată mulțimea de cazane disponibile în perioada t_k.

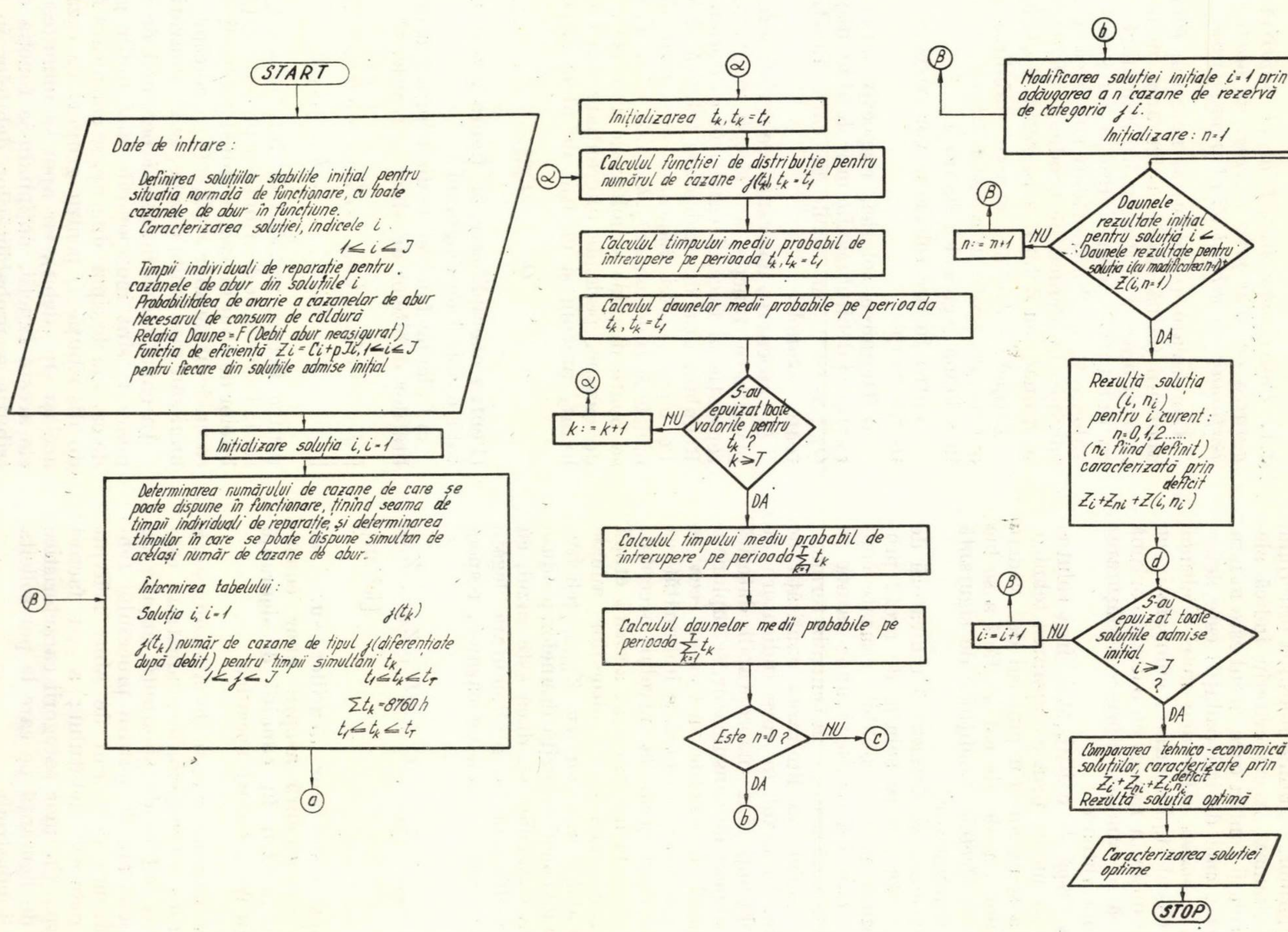

START
Date de intrare :
Definirea soluțiilor stabilite inițial pentru situația normală de funcționare, cu toate cazanele de abur în funcțiune.
Caracterizarea soluției, indicele i
1 ≤ i ≤ J
Timpii individuali de reparație pentru cazanele de abur din soluțiile i.
Probabilitatea de avarie a cazanelor de abur
Necesarul de consum de căldură
Relația Daune = F (Debit abur neasigurat)
funcția de eficiență Zi = Ci + pJi, 1 ≤ i ≤ J
pentru fiecare din soluțiile admise inițial
Inițializare soluția i, i = 1
Determinarea numărului de cazane de care se poate dispune în funcționare, ținînd seama de timpii individuali de reparație și determinarea timpilor în care se poate dispune simultan de același număr de cazane de abur.
Întocmirea tabelului :
Soluția i, i = 1
j(t_k)
j(t_k) număr de cazane de tipul j (diferențiate după debit) pentru timpii simultani t_k
1 ≤ j ≤ J
t_1 ≤ t_k ≤ t_T
Σt_k = 8760 h
t_1 ≤ t_k ≤ t_T
β
a
α
Inițializarea t_k, t_k = t_1
α
Calculul funcției de distribuție pentru numărul de cazane j(t_k), t_k = t_1
Calculul timpului mediu probabil de întrerupere pe perioada t_k, t_k = t_1
Calculul daunelor medii probabile pe perioada t_k, t_k = t_1
S-au epuizat toate valorile pentru t_k ? k ≥ T
NU
k := k+1
α
DA
Calculul timpului mediu probabil de întrerupere pe perioada Σ_{k=1}^{T} t_k
Calculul daunelor medii probabile pe perioada Σ_{k=1}^{T} t_k
Este n=0 ?
NU
c
DA
b
b
β
c
Modificarea soluției inițiale i = 1 prin adăugarea a n cazane de rezervă de categoria j i.
Inițializare : n = 1
Daunele rezultate inițial pentru soluția i ≤ Daunele rezultate pentru soluția i (cu modificarea n-1) Z(i, n-1)
NU
n := n+1
β
DA
Rezultă soluția (i, n_i) pentru i curent : n = 0, 1, 2...... (n_i fiind definit) caracterizată prin deficit Z_i + Z_{ni} + Z(i, n_i)
d
S-au epuizat toate soluțiile admise inițial i ≥ J ?
NU
i := i+1
β
DA
Compararea tehnico-economică a soluțiilor, caracterizate prin Z_i + Z_{ni} + Z_{i,n_i} deficit
Rezultă soluția optimă
Caracterizarea soluției optime
STOP

Fig. 1

Termenii funcţiei de distribuţie sînt daţi de relaţia de dezvoltare a binomului $(p+q)^n$, în care p este probabilitatea de funcţionare a cazanului; q — probabilitatea de avariere a cazanului; n — numărul de cazane de acelaşi tip, j.

Se consideră probabilitatea de avariere a cazanelor de abur cu debite pînă la 420 t/h (şi care nu sînt prototip) $q = 0{,}02$, respectiv probabilitatea de funcţionare $p = 0{,}98$. Aceste valori sînt determinate pe bază statistică, urmărind funcţionarea unor agregate de cazane din unele centrale electrice din România.

Termenul de ordinul k al dezvoltării reprezintă probabilitatea de apariţie a stării de funcţionare pentru cazanele de tip j, în care k elemente sînt în avarie, respectiv $n - k$ elemente sînt în funcţiune, şi este dat de relaţia:

$$P_k^j = C_n^k p^{n-k} q^k.$$

Cunoscînd debitul minim Q_{min} (t/h) pe care îl poate suporta consumatorul fără a avea pierderi de producţie, se determină funcţia de distribuţie a debitelor neasigurate la consumator ca urmare a avarierii cazanelor. Se consideră că pe o perioadă de funcţionare t_k debitul de abur cerut de consumator este constant, astfel încît durata maximă posibilă a unui deficit Q_{ns} (t/h) este chiar t_k.

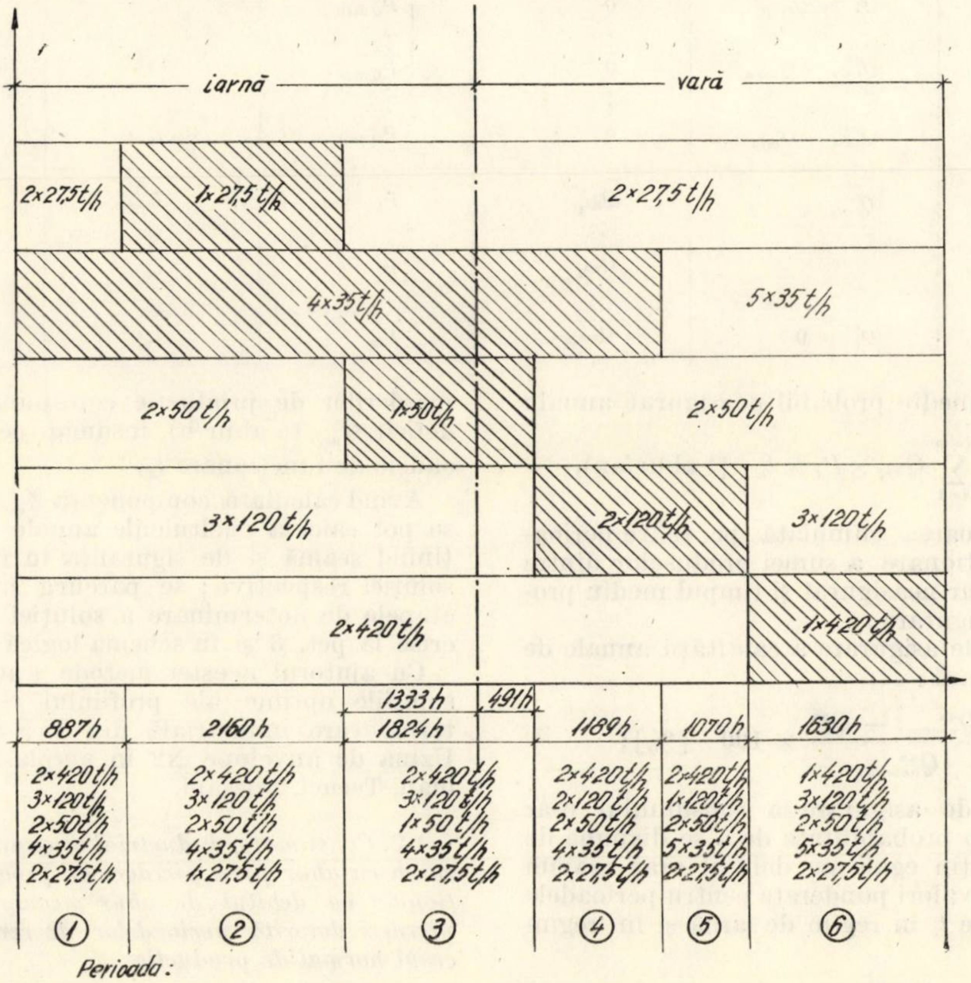

iarnă
vară
2×27,5 t/h
1×27,5 t/h
2×27,5 t/h
4×35 t/h
5×35 t/h
2×50 t/h
1×50 t/h
2×50 t/h
3×120 t/h
2×120 t/h
3×120 t/h
2×420 t/h
1×420 t/h
1333 h
491 h
887 h
2160 h
1824 h
1189 h
1070 h
1630 h
2×420 t/h
3×120 t/h
2×50 t/h
4×35 t/h
2×27,5 t/h
2×420 t/h
3×120 t/h
2×50 t/h
4×35 t/h
1×27,5 t/h
2×420 t/h
3×120 t/h
1×50 t/h
4×35 t/h
2×27,5 t/h
2×420 t/h
2×120 t/h
2×50 t/h
4×35 t/h
2×27,5 t/h
2×420 t/h
1×120 t/h
2×50 t/h
5×35 t/h
2×27,5 t/h
1×420 t/h
3×120 t/h
2×50 t/h
5×35 t/h
2×27,5 t/h
①
②
③
④
⑤
⑥
Perioada:

Fig. 2

d) Calculul indicatorilor de siguranţă şi al costului mediu probabil al neasigurării.

Pe baza celor de mai sus, pentru fiecare perioadă de funcţionare t_k se poate întocmi un tabel necesar pentru calculul indicatorilor de siguranţă (tabelul 1).

Corespunzător tuturor perioadelor de funcţionare t_k calculate conform tabelului 1, se determină următorii indicatori:

— timpul mediu probabil de neasigurare a debitului minim necesar Q_{min}:

$$t_{ns} = \sum_{k=1}^{k=T} \sum_{i=1}^{i=m} P_i \times t_k \quad [\text{h/an}],$$

respectiv valoarea cumulată pe toate perioadele de funcţionare dintr-un an a sumei produselor dintre probabilităţile de apariţie a deficitului şi durata maximă posibilă a acestuia;

Tabelul 1

Valorile de calcul ale indicatorilor de siguranță în perioada t_k

Debitul de abur în avarie, Q^{av}, t/h	Debitul de abur asigurat (în funcțiune), Q^{as}, t/h	Deficit la consumator Q_{ns} t/h	Funcția de distribuție a probabilității	Durata maximă a stării de avarie, h	Pierderi de producție la consumator funcție de Q_{ns}, lei/t
$Q_1^{av} = 0$	$Q_1^{as} = Q_{disp}$	0	$P_{Q\,disp}$	t_k	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	0
⋮	$Q_{i<l}^{as} = Q_{max}$	0	$P_{Q\,max}$	⋮	0
Q_i^{av}	$Q_{i=l}^{as} = Q_{min}$	0	$P_{Q\,min}$	t_k	0
⋮	$Q_{i=l+1}^{as}$	Q_{ns_1}	P_1	t_k	D_1
⋮	⋮	Q_{ns_i}	P_i	t_k	D_i
$Q_n^{av} = Q_{disp}$	$Q_n^{as} = 0$	Q_{ms_m}	P_m	t_k	D_m

— debitul mediu probabil neasigurat anual:

$$Q_{ns}^{an} = \sum_{k=1}^{k=T} \sum_{i=1}^{i=m} Q_{ns_i} \times P_i \times t_k \quad \text{[t abur/an]},$$

respectiv valoarea cumulată pe toate perioadele de funcționare a sumei produselor dintre debitul de abur neasigurat și timpul mediu probabil de neasigurare;

— gradul de asigurare a cantității anuale de căldură necesară:

$$G = \frac{Q_{necesar}^{an} - Q_{ns}^{an}}{Q_{necesar}^{an}} \times 100 \quad [\%];$$

— gradul de asigurare a consumului orar exprimat ca o probabilitate de a se dispune de debite cel puțin egale cu debitul orar maxim necesar, Q_{max}, valori ponderate pentru perioadele de funcționare t_k în regim de iarnă și în regim de vară:

$$g = \frac{\sum\limits_{k=1}^{k=T} \left[\sum\limits_{P=P_{Q_{disp}}}^{P=P_{Q_{max}}} P_i \right] \cdot t_k}{T}.$$

Probabilitatea de a se dispune de debite de abur cel puțin egale cu debitul orar maxim necesar, Q_{max}, se obține însumînd probabilitățile stărilor de funcționare din funcția de distribuție pentru care debitul de abur asigurat este mai mare sau cel puțin egal cu debitul necesar, respectiv pentru situațiile:

$$Q_i^{as} \geqslant Q_{max};$$

— costul mediu probabil al neasigurării consumatorului:

$$Z_{def} = \sum_{k=1}^{k=T} \sum_{i=1}^{i=m} Q_{ns_i} \cdot P_i \cdot t_k \cdot D_i \quad \text{[mil. lei/an]},$$

exprimat ca produs între debitul neasigurat, timpul mediu probabil de neasigurare și costul pierderilor de producție corespunzătoare unui deficit Q_{ns_i} (t abur/h), însumat pe toate perioadele de funcționare t_k.

Avînd calculată componenta Z_{def} (mil. lei/an), se pot calcula cheltuielile anuale de calcul Z_T ținînd seamă și de siguranța în funcționare a soluției respective; se parcurg în continuare etapele de determinare a soluției optime descrise la pct. 3 și în schema logică din figura 1.

Cu ajutorul acestei metode s-au determinat soluțiile optime ale profilului centralelor de termoficare industrială din U.F.S. Săvinești, Uzina de anvelope N2 în amplasamentul Roman, Tecuci, Focșani.

4.2. *Consumator industrial ce exprimă neasigurarea cu abur prin pierderi de producție proporționale cu debitul de abur neasigurat și prin pierderi datorită perioadelor de revenire la procesul normal de producție*

Consumatorul industrial necesită, funcție de anotimp (iarnă sau vară), un debit maxim orar Q^{max} (t abur/h).

O scădere a debitului de abur livrat sub valoarea Q^{max} conduce la pierderi de producție D_i (lei/t), proporționale cu debitul neasigurat Q_{ns_i} (t/h).

Pe lîngă aceste pierderi de producție se mai evidențiază pierderi suplimentare ca urmare a reducerii debitului de abur, funcție de durata reducerii și a timpului de revenire la normal a procesului tehnologic. Astfel, pentru o limitare în livrarea aburului tehnologic cu durate pînă la n_1 ore, revenirea la normal durează z_1 zile, pînă la n_j ore — z_j zile, iar pînă la n_m ore — z_m zile. Aceste durate sînt valabile pentru oricare dintre debitele de abur neasigurat Q_{ns_i} date anterior.

Pierderile de producție legate de neasigurarea debitului de abur necesar Z_{def} vor avea două componente, și anume:

a) pierderi ca urmare a limitării debitului de abur necesar;

b) pierderi ca urmare a reducerii capacității de producție pe timpul revenirii la normal a procesului tehnologic, în urma unei reduceri a debitului de abur necesar.

Asupra calculului acestor pierderi sînt de făcut următoarele precizări :

— prima componentă a pierderilor de producție se calculează analog cu cele prezentate la pct. 4.1, pe baza probabilităților de avariere a cazanelor și a funcției de distribuție a probabilității debitelor în avarie în centrala de termoficare sau în centrala termică;

— pentru determinarea celei de-a doua componente, se calculează o valoare medie probabilă a timpului de revenire, $\overline{Z}_p$ (zile), indiferent de durata n_j a limitării debitului de abur tehnologic necesar; pentru fiecare mărime a debitului de abur neasigurat, Q_{ns_i}, se calculează un cost mediu al revenirii C_{r_i} (lei), funcție de pierderile de producție D_i (lei/t), respectiv:

$$C_{r_i} = \overline{Z}_p \cdot D_i \cdot 24 \cdot Q_{ns_i} \text{ [lei]}.$$

Pe baza costului mediu al revenirii după o reducere a debitului de abur Q_{ns_i}, se va calcula a doua componentă a pierderilor de producție ale consumatorului industrial.

4.2.1. *Calculul duratei medii probabile a timpului de revenire.* Probabilitatea q de avariere a unui cazan poate fi exprimată la limită (pentru o perioadă îndelungată de observație) prin relația :

$$q = \frac{\lambda}{\lambda + \mu},$$

în care

$\lambda = \frac{1}{T_f}$ [zile^{-1}] reprezintă intensitatea de avariere a cazanului;

$\mu = \frac{1}{T_d}$ [zile^{-1}] — intensitatea de reparare a cazanului.

(T_f este timpul mediu de funcționare în perioada T, iar T_d timpul mediu de defect în perioada T, legat de durata reparațiilor în urma unei avarii.)

În cazul de față, revenirea la procesul normal de producție fiind funcție de durata avarierii cazanelor, se va folosi în calcule intensitatea de reparare μ (zile^{-1}).

Se definește probabilitatea P_j^r (după funcția de repartiție) ca probabilitatea pentru ca o limitare a debitului de abur livrat, Q_{ns_i}, să dureze mai mult decît un timp n_j, și este dată de relația :

$$P_j^r(T_d > n_j) = e^{-\mu n_j}.$$

Calculînd probabilitatea P_j^r pentru toate duratele de întrerupere posibile n_j, pentru $j = 1, \ldots, m$, se obține funcția de repartiție f_j^r, din care se deduce funcția de distribuție f_j^d, ai cărei termeni P_j^d indică probabilitatea ca o limitare a debitului de abur livrat să dureze n_j ore. Pe baza acestei funcții de distribuție se determină durata medie probabilă de revenire pentru orice fel de limitare a debitului de abur, respectiv

$$\overline{Z}_p = \sum_{j=1}^{j=m} P_j^d \cdot Z_j \text{ [zile]}.$$

4.2.2. *Calculul pierderilor de producție luînd în considerare și timpul de revenire necesar procesului tehnologic.* Etapele de calcul corespund schemei logice prezentate în figura 3, fiind în principal următoarele :

— definirea soluției : numărul de cazane, debitul maxim orar disponibil $Q_{disp}^{max} > Q^{max}$, în cazul în care funcționează toate cazanele;

— întocmirea diagramei de revizii și reparații planificate a cazanelor; determinarea perioadelor de funcționare t_k în care se poate dispune de același număr de cazane și de un debit disponibil $Q_{disp} \leqslant Q_{disp}^{max}$;

— calculul funcției de distribuție f_d a probabilităților debitelor de abur în avarie Q_i^{av} pentru fiecare perioadă de funcționare t_k;

— calculul costului mediu probabil al neasigurării.

Pe baza celor calculate mai sus, pentru fiecare perioadă t_k se întocmește un tabel ajutător (tabelul 2) pentru calculul indicatorilor de siguranță și al costului neasigurării;

— costul mediu probabil anual al neasigurării consumatorului este dat de relația :

$$Z_{def} = \sum_{k=1}^{k=T} \left(\sum_{i=1}^{m} Q_{ns_i} \cdot P_i \cdot D_i \cdot t_k + \sum_{i=1}^{m} P_i C_{r_i} \right) \text{[lei/an]},$$

reprezentînd suma costurilor medii probabile ale pierderilor de producție și ale revenirii procesului tehnologic pentru toate debitele de abur neasigurate Q_{ns_i} și în toate perioadele de funcționare t_k;

— calculul indicatorilor de siguranță este analog cu cel prezentat la 4.1.

Fiind calculat Z_{def} (lei/an), se calculează cheltuielile anuale de calcul Z_T, care țin seama și de siguranța prezentată în funcționare de soluția propusă; determinarea soluției optime se face apoi conform cu cele prezentate la pct. 3 și în schema logică din figura 3.

Cu ajutorul acestei metode de calcul s-a determinat nivelul optim de echipare a centralei de termoficare industrială CIP Pitești.

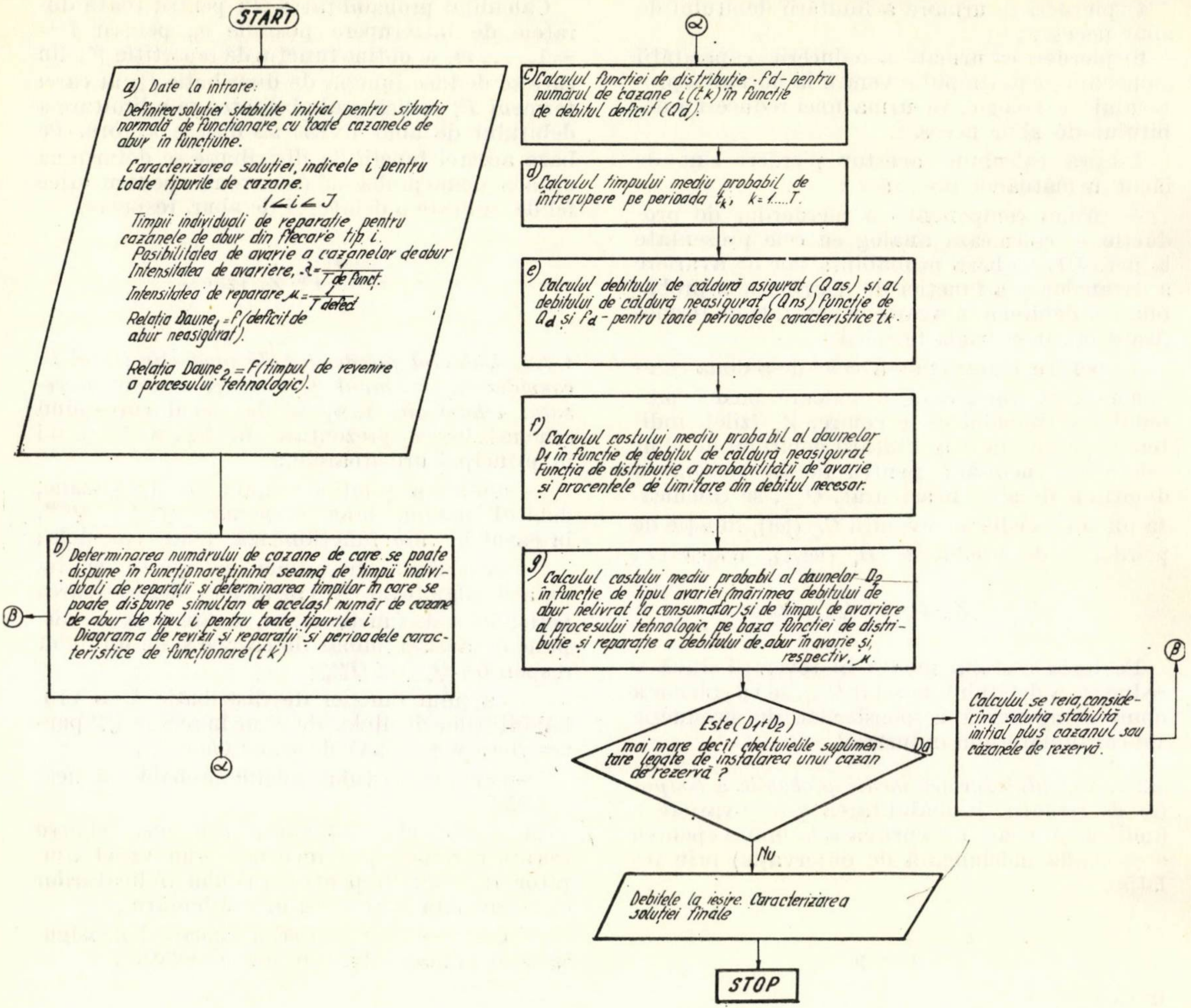

START
a) Date la intrare:
Definirea soluției stabilite inițial pentru situația normală de funcționare, cu toate cazanele de abur în funcțiune.
Caracterizarea soluției, indicele i pentru toate tipurile de cazane.
1 ≤ i ≤ J
Timpii individuali de reparație pentru cazanele de abur din fiecare tip i.
Posibilitatea de avarie a cazanelor de abur
Intensitatea de avariere, λ = 1/T de funcț.
Intensitatea de reparare μ = 1/T defect
Relația Daune₁ = f (deficit de abur neasigurat).
Relația Daune₂ = F (timpul de revenire a procesului tehnologic).
b) Determinarea numărului de cazane de care se poate dispune în funcționare ținînd seamă de timpii individuali de reparații și determinarea timpilor în care se poate dispune simultan de același număr de cazane de abur de tipul i pentru toate tipurile i.
Diagrama de revizii și reparații și perioadele caracteristice de funcționare (t k)
β
α
α
c) Calculul funcției de distribuție - fd - pentru numărul de cazane i (t k) în funcție de debitul deficit (Qd).
d) Calculul timpului mediu probabil de întrerupere pe perioada t_k, k = 1.....T.
e) Calculul debitului de căldură asigurat (Qas) și al debitului de căldură neasigurat (Qns) funcție de Qd și fd - pentru toate perioadele caracteristice tk.
f) Calculul costului mediu probabil al daunelor D1 în funcție de debitul de căldură neasigurat. Funcția de distribuție a probabilității de avarie și procentele de limitare din debitul necesar.
g) Calculul costului mediu probabil al daunelor D2 în funcție de tipul avariei (mărimea debitului de abur nelivrat la consumator) și de timpul de avariere al procesului tehnologic pe baza funcției de distribuție și reparație a debitului de abur în avarie și, respectiv, μ.
Este (D1+D2) mai mare decît cheltuielile suplimentare legate de instalarea unui cazan de rezervă?
Da
Calculul se reia, considerînd soluția stabilită inițial plus cazanul sau cazanele de rezervă.
β
Nu
Debitele la ieșire. Caracterizarea soluției finale
STOP

Fig. 3

Tabelul 2

Valorile de calcul ale indicatorilor de siguranță în perioada t_k

Debitul de abur în avarie, Q^{av}, t/h	Debitul de abur asigurat (în funcțiune), Q^{as}, t/h	Deficit la consumator Q_{ns}, t/h	Funcția de distribuție a probabilității	Pierderi de producție la consumator funcție de Q_{ns}, lei/t	Costul mediu probabil al revenirii funcție de mărimea lui Q_{ns}, C_r, lei
$Q_1^{av} = 0$	$Q_1^{as} = Q_{disp}$	0	$P_{Q\,disp}$	0	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
			P_{Qmax}		
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
$Q_{i=l}^{av}$	$Q_{i=l}^{as} = Q_{max}$	0	P_{Qmin}	0	0
$Q_{i=l+1}^{av}$	$Q_{i=l+1}^{as}$	Q_{ns_1}	P_1	D_1	C_{r_1}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
		Q_{ns_i}	P_i	D_i	C_{r_i}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
$Q_n^{av} = Q_{disp}$	$Q_n^{as} = 0$	Q_{ns_m}	P_m	D_m	C_{r_m}

Concluzii

Determinarea corectă a soluției optime de alimentare cu căldură a unui consumator industrial trebuie să țină seamă și de gradul de siguranță oferit de soluția respectivă.

Metoda prezentată permite o evaluare a acestui grad de siguranță, precum și a costului pierderilor materiale de producție, care se asociază la cheltuielile anuale de calcul Z_T, pe baza cărora se face compararea tehnico-economică a soluțiilor și determinarea soluției optime. Această metodă oferă posibilitatea de a se determina nivelul necesar de echipare a unei centrale corespunzător gradului de siguranță impus de consumator.

În prezent, această metodă reprezintă un instrument curent de lucru în cadrul I.S.P.E. București.

Analiza dimensionării sistemului de alimentare cu combustibil la o centrală de termoficare, legat de siguranța cerută de consumatori și de prezența combustibilului auxiliar

Ing. C. Moțoiu și
ing. A. Gheorghe *)

În această lucrare autorii își propun să analizeze, din punct de vedere tehnic și economic, dimensionarea instalației de combustibil a unei centrale electrice de termoficare care funcționează cu doi combustibili (unul principal și unul auxiliar), definind numărul optim de linii de alimentare și mărimea rezervei. Pentru condițiile din țara noastră, cei doi combustibili pot fi :

	1	2	3	4
combustibil principal :	cărbune	cărbune	gaze	păcură
combustibil auxiliar :	gaze	păcură	păcură	gaze

Dintre aceste posibilități se analizează cea mai complexă, și anume ipoteza 2, din care se pot deduce direct și concluziile referitoare la ipoteza 1. În practica actuală de proiectare, pentru astfel de situații se dimensionează ambele inslatații cu un element activ și unul de rezervă, iar pentru instalația de combustibil lichid numărul pompelor de rezervă, conform RET, este egal cu doi [3].

În cele ce urmează se cercetează dacă este rațional să se limiteze dimensionarea instalațiilor celor doi combustibili, renunțînd parțial sau total la rezervă. Analiza se face prin comparația variantelor cuprinse în tabelul 1. Pentru simplificare, la combustibilul lichid toată stația de pompare este considerată ca o linie unică de combustibil, iar pompa de rezervă ca o a doua linie (echivalent cu 2 pompe × 100%).

Tabelul 1

Variante	Mărimi			
	j	*j**	*l*	*l**
I	2×100%	1×100%	2×100%	1×100%
II	2×100%	1×100%	1×100%	1×100%
III	1×100%	1×100%	2×100%	1×100%
IV	1×100%	1×100%	1×100%	1×100%
V	2×50%	2×50%	1×100%	1×100%
VI	1×100%	1×100%	3×100%	1×100%

j este numărul total de linii de transport pentru combustibilul solid;
j^* – elementele active ale lui j;
l – numărul total de linii de transport pentru combustibilul auxiliar;
l^* – elementele active ale lui n la plină sarcină.

Considerații teoretice

1. *Siguranța în funcționare a sistemului CET*

Se consideră instalația de combustibil integrată în lanțul tehnologic al CET, prezentat în figura 1, în care $S_1 \ldots S_6$ reprezintă subsistemele distincte, legate în serie, ale sistemului determinat de centrala electrică. Ipoteza de lucru este că subsistemele componente, S_i, nu depind unul de altul, adică defectarea unuia nu implică defectarea altuia [1]. Așadar

$$P_{(B)} = P_{(B_1 \cup B_2 \cup \ldots \cup B_6)}, \qquad (1)$$

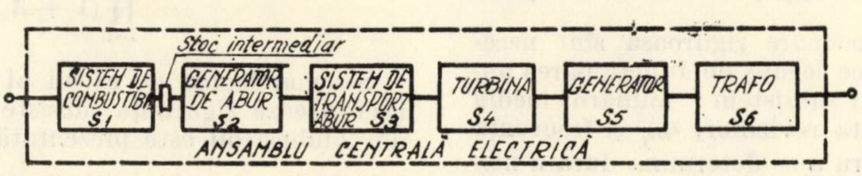


Fig. 1

---

*) Ing. **Costin Moțoiu** este conferențiar la Institutul politehnic București ; ing. **Adrian Gheorghe** este asistent la același institut.

în care $P_{(B)}$ este probabilitatea întreruperii legăturii, iar B_k – evenimentul ieşirii din funcţiune a unui subsistem.

Notînd cu $\overline{B}_k$ evenimentul contrar lui B_k şi care exprimă funcţionarea fără întrerupere a subsistemului S_k în intervalul de observaţie T, luat ca bază, se obţine

$$P_{(B)} = 1 - P_{(\overline{B})}, \tag{2}$$

în care

$$\overline{B} = \overline{B}_1 \cap \overline{B}_2 \ldots \cap \overline{B}_6. \tag{3}$$

Întrucît $\overline{B}_k$ este independent,

$$P_{(\overline{B})} = P_{(\overline{B}_1)} \cap P_{(\overline{B}_2)} \cap \ldots \cap P_{(\overline{B}_6)} \tag{4}$$

sau

$$P_{(\overline{B}_k)} = 1 - P_{(B_k)} = 1 - p_k, \tag{5}$$

astfel încît

$$P_{(B)} = 1 - \prod_{i=1}^{6} (1 - p_i) \tag{6}$$

în care p_i este probabilitatea defectării subsistemului S_i.

Dacă se cunoaşte indisponibilitatea forţată $P_{(B)}$ a CET, impusă de alimentarea cu energie electrică şi căldură a consumatorilor, precum şi probabilitatea defectării, p_i a subsistemelor $S_2 \ldots S_6$, probabilitatea minimă obligatorie de funcţionare ataşată sistemului de combustibil rezultă :

$$p_1 = 1 - \frac{1 - P_{(B)}}{\prod\limits_{i=2}^{6} (1 - p_i)} \tag{7}$$

Analiza ulterioară se face pentru orice $p \geqslant p_1 = p_{min}$.

2. *Siguranţa în funcţionare a subsistemului instalaţiilor de combustibil*

În funcţionarea subsistemului instalaţiei de combustibil, stările de restabilire alternează cu stările de succes (fig. 2).

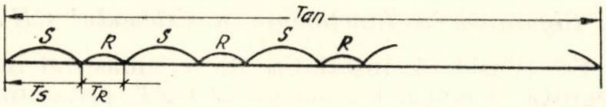


Fig. 2

Pentru o dimensionare riguroasă sînt necesare date statistice legate de funcţionarea anterioară a acestui subsistem : numărul mediu de căderi, α, durata reviziilor, t_{rev_i} şi frecvenţa cazurilor, ν_i, pentru a se determina durata medie a unei revizii

$$t_R = \alpha \sum_i t_{rev_i} \nu_i . \tag{8}$$

Durata medie a unei stări de restabilire este

$$T_R = \frac{t_R}{\alpha}. \tag{9}$$

Adoptînd

$$X = \frac{T_R}{T_S}. \tag{10}$$

(în care T_S este durata medie a unei stări de succes) drept coeficient ce caracterizează siguranţa instalaţiei [2], iar λ şi μ coeficienţii ce caracterizează intensitatea medie anuală a avariilor şi a reparaţiilor,

$$\lambda = T_{an}/T_S \quad [\text{avarii/an}], \tag{11}$$

iar

$$\mu = T_{an}/T_R \quad [\text{reparaţii/an}], \tag{12}$$

în care T_{an} reprezintă timpul calendaristic (8760 h/an), se deduc următorii coeficienţi, după [2], [5] :

— coeficientul de succes :

$$K_{\Sigma}^{b} = \Sigma \; [\Pi K_i \prod_{i \neq j} C_j], \tag{13}$$

în care

$$K_i = \frac{1}{1 + X_i} \tag{13'}$$

iar

$$C_j = \frac{X_j}{1 + X_j}; \tag{13''}$$

— coeficientul de insucces :

$$C_{\Sigma}^{b} = 1 - K_{\Sigma}^{b}; \tag{14}$$

— numărul mediu de căderi în unitatea de de timp :

$$n_c = \frac{\left(\prod\limits_{j=1}^{N} X_j\right)\left(\sum\limits_{k=1}^{N} \lambda_k\right)}{\prod\limits_{j=1}^{N} (1 + X_j)}; \tag{15}$$

— numărul mediu de restabiliri în unitatea de timp :

$$n_R = \frac{\left(\prod\limits_{j=1}^{N} X_j\right)\left(\sum\limits_{k=1}^{N} \mu_k\right)}{\prod\limits_{j=1}^{N} (1 + X_j)}. \tag{16}$$

Schema logică de calcul al indicilor ce caracterizează siguranţa subsistemului instalaţiei de combustibil este prezentată în figura 3.

Considerăm că pentru instalaţiile mecanice de tipul gospodăriei de combustibil la CET, folosirea indicelul X reprezintă o cale statistică comodă, întrucît din protocoalele de exploatare pot fi deduşi T_R şi T_S [3].

Corelaţia dintre X şi coeficientul de disponibilitate d poate fi exprimată astfel :

$$d = \frac{T_S}{T_{an}} = \frac{T_S}{T_S + T_R} = \frac{1}{1 + X}. \tag{17}$$

Coeficientul de disponibilitate echivalează deci cu coeficientul parțial de succes K_i, astfel încît $d \equiv K_i$.

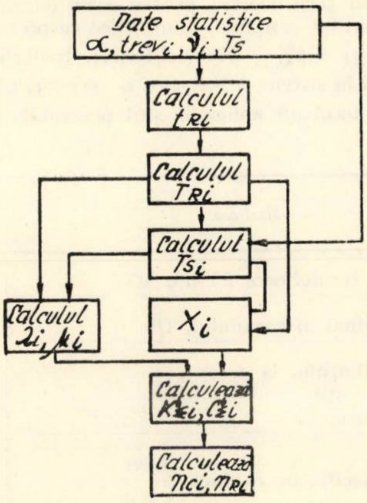


Fig. 3

Criterii economice de analiză

Pentru claculele economice folosim drept criteriu de comparație o expresie de tipul cheltuielilor anuale de calcul, care ia în considerare investițiile, cheltuielile directe și pagubele determinate în cadrul fiecărei variante în funcție de siguranța ei [4], [6].

În scopul generalizării problemei se iau în considerare mărimi relative ale acestor cheltuieli, și anume :

a) Investiția totală în instalația de combustibil, I^b, este funcție de puterea centralei, P_i, și de puterea calorică a combustibilului, H_i :

$$I^b = f(P_i, H_i). \tag{18}$$

Pentru instalația cu doi combustibili, această investiție se poate scrie

$$I^b = f_{\mathrm{I}}(P_i, H_{i_{\mathrm{I}}}, j) + f_{\mathrm{II}}(P_i, H_{i_{\mathrm{II}}}, l). \tag{19}$$

La aplicații concrete, valoarea acestei investiții urmează a fi calculată de la caz la caz. În exemplul de calcul citat în lucrare, valorile au fost adoptate după cifre globale din proiecte întocmite de I.S.P.E.

b) Valoarea producției totale cerute de consumator :

$$V_t = p_e E^{an} + p_q Q^{an} = E^{an}\left(p_e + \frac{p_q}{y_t}\right), \tag{20}$$

în care

p_e este prețul de cost al energiei electrice ;
E^{an} — energia anuală produsă ;
p_q — prețul de cost al căldurii ;
Q^{an} — căldura livrată anual ;
y_t — indicele de termoficare total.

c) Valoarea pagubelor prin neproducere, imputabilă instalației de combustibil :

$$V_n = (p_e^* E^{an} C_\Sigma^s + p_q^* Q^{an}) C_\Sigma^b \text{ [lei]}, \tag{21}$$

în care

p_e^*, p_q^* reprezintă dauna specifică prin nelivrarea de energie electrică, respectiv, de căldură, consumatorului, lei/kWh ; lei/Gcal ;
C_Σ^s — probabilitatea de insucces a racordului de alimentare din sistem ;
C_Σ^b — probabilitatea de insucces imputabilă instalației de combustibil.

Prin transformări succesive se obține

$$V_n = C_\Sigma^b E^{an}\left(p_e^* C_\Sigma^s + \frac{p_q^*}{y_t}\right) \text{ [lei]}. \tag{22}$$

d) Funcția de eficiență

În cazul analizat, criteriul Z are expresia :

$$Z = \frac{I^b}{n} + V_n + V_n' - V_b' + \Delta V_b + C_{an} \text{ [lei]}, \tag{23}$$

în care

n este eficiența normată a investiției ($n = 10$ ani) ;
V_n' — valoare neîncasată prin producție nelivrată ($V_n' = C_\Sigma^b V_t$) ;
V_b' — valoarea combustibilului neconsumat datorită nefuncționării ;
ΔV_b — diferența dintre valoarea combustibilului primar și valoarea combustibilului auxiliar pentru cantitatea de combustibil auxiliar ce înlocuiește combustibilul primar pe perioada avariilor ;
C_{an} — cheltuieli anuale diferențiate între variante.

În cadrul cheltuielilor anuale diferențiate reținem cheltuielile de amortizare și cele de întreținere și reparații ca procente din investiția I^b, celelalte (combustibil, personal, cheltuieli generale și auxiliare) se consideră că nu variază între variantele luate pentru analiză.

În consecință, admițînd amortizarea 7% și cheltuielile de întreținere și reparații curente 2%, $C_{an} = 0{,}09\ I^b$.

Notă: Valoarea ΔV_b are sens economic în cazul în care costul combustibilului auxiliar, p_{II}^b, este mai ridicat decît cel primar, p_{I}^b.

Dacă combustibilul auxiliar are un preț mai redus decît cel primar, dar în balanța generală cotele de combustibil sînt fixate, iar combustibilul I este cel marginal, $\Delta V_b = 0$, deoarece combustibilul II trebuie socotit în prețul combustibilului marginal :

$$Z = 0{,}19\ I^b + C_\Sigma^b\ E^{an}\left[(p_e^* + p_e)\ C_\Sigma^s + \frac{p_q^* + p_q}{y_t}\right] - C_\Sigma^b\, Q_{tot}^{an}\, \frac{p_{b\,med}}{7000} + 10^{-3}\, Q_{tot}^{an}\,(K_\Sigma^b - K_{\Sigma_{\mathrm{I}}}^b)\, \frac{p_{\mathrm{II}}^b - p_{\mathrm{I}}^b}{7000}, \tag{24}$$

în care $K^b_{\Sigma I}$ este coeficientul de succes al instalației combustibilului principal.

$$\bar{Q}^{an}_{tot} = \frac{860\,E^{an}}{\eta_t} + \frac{Q_T 10^6}{\eta_c} = E^{an}\left(\frac{860}{\eta_t} + \frac{10^6}{y_t \eta_c}\right), \quad (25)$$

în care

η_t este randamentul total al CET ;
η_c — randamentul cazanului.

Pentru simplificări, dat fiind că valoarea daunelor este mult mai mare decît prețul de vînzare, $\overset{*}{p_e} \gg p_e$ și $\overset{*}{p_q} \gg p_q$, se neglijează p_e și p_q. Se aproximează că $p_{b\,med} = p^b_I$, dată fiind cota mare de combustibil principal față de cel secundar. În final rezultă :

$$Z = 0{,}19\ I^b + C^b_\Sigma E^{an}\left[\overset{*}{p_e}\ C^s_\Sigma + \frac{\overset{*}{p_q}}{y_t}\right] + \quad (26)$$

$$\frac{E^{an}}{7 \times 10^6}\left(\frac{860}{\eta_t} + \frac{10^6}{y_t\,\eta_c}\right)[(K^b_\Sigma - K^b_{\Sigma I})(p^b_{II} - p^b_I) - C^b_\Sigma p^b_I].$$

Schema logică a calculului propus, în cazul general, este arătată în figura 4.

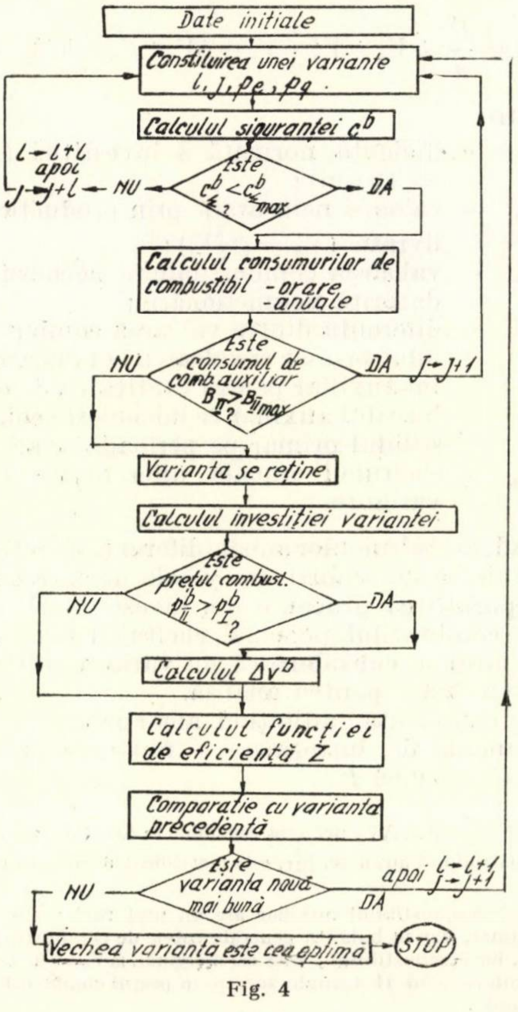

Date initiale
Constituirea unei variante l, j, pe, pq.
Calculul sigurantei c^b
Este $c^b_\Sigma < c^b_{\Sigma max}$?
DA
NU
l→l+l apoi j→j+l
Calculul consumurilor de combustibil - orare - anuale
Este consumul de comb. auxiliar $B_{II} > B_{II max}$?
NU
DA
j→j+1
Varianta se reține
Calculul investiției variantei
Este prețul combust. $p^b_{II} > p^b_I$?
NU
DA
Calculul Δv^b
Calculul funcției de eficiență Z
Comparație cu varianta precedentă
Este varianta nouă mai bună
NU
DA
apoi l→l+1 j→j+1
Vechea variantă este cea optimă
STOP

Fig. 4

Aplicație

Pentru a urmări cantitativ rezultatele calculului propus, acesta se aplică pentru o CET cu trei grupuri turbogeneratoare și $P = 50$ MW, cu trei cazane de 400 t/h, cu o producție de căldură $Q_T = 1{,}1 \times 10^6 \frac{\text{Gcal}}{\text{an}}$ și o producție de energie electrică corespunzătoare utilizării de 6000 h/an. Centrala folosește drept combustibil principal cărbune și drept combustibil auxiliar păcură. Randamentul cazanului este $\eta_c = 0{,}90$.

În condițiile țării noastre, pentru cazul folosirii cărbunelui drept combustibil marginal, vom folosi ca preț unic al combustibilului $p^b_I = p^b_{II} = 400$ [lei/t c.c.]. Indicele de insucces al racordului la sistem a fost ales acoperitor, $C^s_\Sigma = 2.10^{-4}$.

Datele de bază ale aplicației sînt prezentate în tabelul 2.

Tabelul 2

Mărimea	Valoarea
Turbină de termoficare PT-50, MW	50
Debitul nominal al cazanului, t/h	400
Parametrii aburului la cazan :	
— presiunea, ata	140
— temperatura, °C	570
Consumul specific de căldură, $\frac{\text{kcal}}{\text{kWh}}$:	
— pentru partea de contrapresiune	1020
— pentru coada de condensație	2480
— valoarea medie anuală	1750
Puterea calorică a combustibilului, $\frac{\text{kcal}}{\text{kgf}}$:	
— principal (cărbune)	1800
— auxiliar (păcură)	9125
Consumul total de combustibil al centralei, t/h :	
— principal (cărbune)	500
— auxiliar (păcură)	100
Coeficientul de disponibilitate corespunzător unei linii de alimentare cu :	
— cărbune	0,8
— păcură	0,9

Pentru evaluarea investițiilor s-au folosit corelații din proiecte de instalații de combustibil întocmite în I.S.P.E. în perioada 1967—1970.

Investiția totală I_t se deduce din investiția instalațiilor mecanice I_m cu relația de proporționalitate :

$$I_t = m\, I_m \quad (27)$$

Coeficientul m ia valorile din tabelul 3.

Tabelul 3

Felul combustibilului	Număr de linii	m
Cărbune	$j = 1$ $j \geqslant 2$	1,5 1,25
Combustibil lichid	$l \geqslant 1$	1,4

Dependența investițiilor la instalațiile mecanice ale gospodăriilor de combustibil în funcție de capacitatea de transport orară B_h este dată cu suficientă exactitate de expresia :

$$\frac{I_{mI}}{I_{mII}} = \left(\frac{B_{hI}}{B_{hII}}\right)^i \quad (28)$$

Indicele i ia valorile :
$i = 0{,}4$ pentru instalații de cărbune;
$i = 1$ pentru instalații de combustibil lichid.

Cu aceste elemente, investiţiile aferente deferitelor variante ale exemplului din aplicaţie sînt cuprinse în tabelul 4.

Tabelul 4

Felul combustibilului	Număr de linii	Capacitate orară		Investiţia totală, mil. lei
		t/h	%	
Cărbune	$j = 1$	500	1×100	6,4
	$j = 2$	500	2×100	10,65
	$j = 2$	250	2×50	8,5
Combustibil lichid	$l = 1$	100	1×100	2,1
	$l = 2$	100	2×100	3,9
	$l = 3$	100	3×100	4,75

Coeficienţii de succes şi insucces se determină cu ajutorul relaţiilor (13) şi (14), iar valorile lor sînt date în tabelul 5. Calculele s-au efectuat pentru două valori uzuale ale daunelor de nelivrare a energiei electrice, $\overset{*}{p_e} = 50\ p_e$, $\overset{*}{p_e} = 80\ p_e$ şi a unei game de daune pentru nelivrarea căldurii, $\overset{*}{p_q} = 4500$, 3000 şi 1000 lei/Gcal.

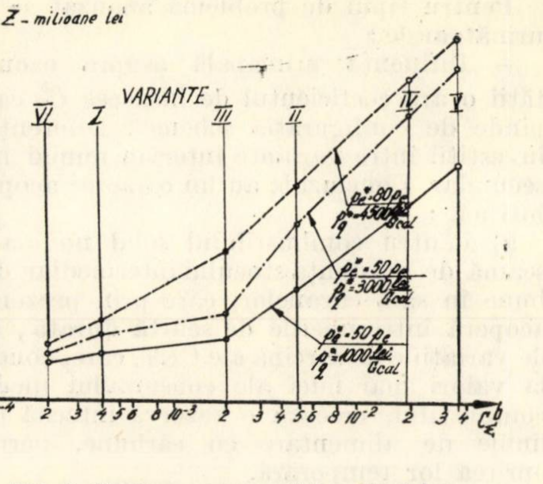


Fig. 5. Diagrama comparaţiei variantelor.

Tabelul 5

Varianta	Mărimi				C_Σ^b	K_Σ^b
	j	j^*	l	l^*		
I	$2 \times 100\%$	$1 \times 100\%$	$2 \times 100\%$	$1 \times 100\%$	0,000394	0,999706
II	$2 \times 100\%$	$1 \times 100\%$	$1 \times 100\%$	$1 \times 100\%$	0,00489	0,99511
III	$1 \times 100\%$	$1 \times 100\%$	$2 \times 100\%$	$1 \times 100\%$	0,00196	0,99904
IV	$1 \times 100\%$	$1 \times 100\%$	$1 \times 100\%$	$1 \times 100\%$	0,01985	0,98015
V	$2 \times 50\%$	$2 \times 50\%$	$1 \times 100\%$	$1 \times 100\%$	0,0357	0,9643
VI	$1 \times 100\%$	$1 \times 100\%$	$3 \times 100\%$	$1 \times 100\%$	0,000196	0,99904

Rezultatele calculului lui Z sînt prezentate în tabelul 6.

Tabelul 6

Cheltuieli Z	Valoarea daunelor		Varianta					
			I	II	III	IV	V	VI
Z	$\overset{*}{p_e} = 50\ p_e$	Z	3,15	7,18	3,85	20,81	36,8	2,36
	$\overset{*}{p_q} = 1000 \frac{\text{lei}}{\text{Gcal}}$	$\lg Z$	0,498	0,855	0,584	1,217	1,565	0,42325
	$\overset{*}{p_e} = 50\ p_e$	Z	4,0583	18,25	8,252	65,515	117,39	3,07
	$\overset{*}{p_q} = 3000 \frac{\text{lei}}{\text{Gcal}}$	$\lg Z$	0,60831	1,26126	0,91656	1,81635	2,06967	0,49136
	$\overset{*}{p_e} = 80\ p_e$	Z	4,7	26,5	11,693	100,5	177,37	3,16
	$\overset{*}{p_q} = 4500 \frac{\text{lei}}{\text{Gcal}}$	$\lg Z$	0,67210	1,42325	1,06781	2,00217	2,24895	0,54407

Obs. Valorile lui Z din tabel sînt exprimate în milioane lei

Concluzii

Lucrarea de faţă constituie un prim pas pentru dimensionarea gospodăriei de combustibil, pornind de la noţiunea de siguranţă probabilistică.

Deşi în lipsa unor date statistice de disponibilitate a echipamentelor s-au adoptat cifre acoperitoare, rezultatele de calcul ale exemplului analizat pun în evidenţă anumite variante optime de alegere a nivelului rezervelor.

Dat fiind caracterul tehnico-economic al studiului, la care imprecizia rezultatelor nu are importanţă dacă nu alterează direcţia tendinţelor rezultatelor, precum şi diferenţele valorice foarte mari între variante, lucrarea dă totuşi indicaţii utile şi concludente.

Pentru tipul de problemă analizat se deduc următoarele :

— Influența principală asupra economicității o are coeficientul de insucces C^b_Σ care depinde de configurația schemei. Diferențele de investiții între variante intervin numai în mod secundar. Concluziile au un caracter acoperitor, întrucît :

a) Pentru combustibilul solid nu s-a ținut seamă de existența stocului intermediar de cărbune în sala cazanelor, care prin prezența lui acoperă întreruperile de scurtă durată, și nici de variațiile de sarcină ale CET, care, conducînd la valori mai mici ale consumului mediu de combustibil, creează o rezervă internă pentru liniile de alimentare cu cărbune, permițînd oprirea lor temporară.

b) Pentru combustibilul lichid s-a presupus că o linie de pompare are o singură pompă echivalentă, cînd în realitate se găsesc mai multe pompe în paralel, ceea ce micșorează investițiile pentru rezervă.

— După cum se vede din diagrama din figura 5 și din tabelul 6, pentru cazul centralei cu doi combustibili, apare ca optimă instalarea unei singure linii de combustibil solid și a unei instalații de combustibil lichid (varianta VI : $j = j^* = 1$; $l = 3$; $l^* = 1$), prevăzută cu două rezerve integrale, conform RET.

Varianta cea mai apropiată este cea clasică (I), cu două linii de combustibil solid $j = 2$; $j^* = 1$ și o instalație de combustibil auxiliar cu rezervă simplă : $l = 2$; $l^* = 1$.

Varianta a III-a ($j = 1$, $l = 2$ și $l^* = 1$) se află în domeniul de comparație cu varianta I și poate fi interesantă în cazul indicilor scăzuți de utilizare și în cazul daunelor mici la consumatori.

Valoarea de indiferență a daunelor pentru variantele I și a III-a se situează, conform calculului efectuat, la 650 lei/Gcal.

Variantele a II-a, a IV-a și a V-a se găsesc față de primele la o astfel de distanță valorică, încît sînt neinteresante.

Notații utilizate

(în ordinea apariției în text) :

j — număr total de linii de transport pentru combustibil solid ;
j^* — elemente active ale lui j ;
l — număr total de linii de transport pentru combustibil auxiliar ;
l^* — elemente active ale lui l la plină sarcină ;
$P_{(B)}$ — probabilitatea întreruperii legăturii ;
B_k — evenimentul ieșirii din funcțiune a unui subsistem S_k ;
p_i probabilitatea defectării subsistemului S_i ;
α — număr mediu de căderi ;
t_{rev_i} — durata de revizie ;
ν_i — frecvența cazurilor ;
t_R — durata medie a unei revizii ;
T_R — durata medie a unei stări de restabilire ;
T_s — durata medie a unei stări de succes ;
T_{an} — timpul calendaristic ;
λ — coeficient de intensitate anuală a avariilor ;
μ — coeficient de intensitate anuală a reparațiilor ;
K^b_Σ, C^b_Σ — coeficienți de succes, respectiv de insucces, ai instalației de combustibil ;
n_c, n_R — număr mediu de căderi, respectiv de restabiliri, în unitatea de timp ;
I^b — investiția aferentă instalației de combustibil ;
V_t — valoarea producției totale ;
p_e, p_q — preț de cost al energiei electrice, respectiv al căldurii ;
E^{an}, Q^{an} — energia electrică, respectiv căldura produsă anual de CET ;
y_t — indice total de termoficare ;
V_n — valoarea pagubelor prin neproducerea imputabilă instalației de combustibil ;
$\overset{*}{p_e}$, $\overset{*}{p_q}$ — prețul energiei electrice, respectiv al căldurii, datorită nesatisfacerii consumatorului ;
C^s_Σ — probabilitatea de insucces a racordului de alimentare din sistem ;
n — eficiența normată a investiției ;
V'_n — valoarea neîncasată prin producția nelivrată ;
V'_b — valoarea combustibilului neconsumat datorită nefuncționării ;
$K^b_{\Sigma I}$ — coeficientul de succes al instalației combustibilului principal ;
η_t, η_c — randamentul CET, respectiv al cazanului ;
$p_{b\,med}$ — prețul mediu al combustibilului utilizat ;
C_{an} — cheltuieli anuale.

Bibliografie

[1] Spătaru, Al. *Teoria transmisiunii informației.* Editura tehnică, București, 1966.

[2] Buhuș, P. *Siguranța sistemelor tehnice complexe cu aplicații la sisteme electroenergetice.* Teză de doctorat, 1967.

[3] *** M.E.E. *Regulament de exploatare tehnică a centralelor și stațiilor electrice.* O.D.P.T., București, 1967.

[4] Nitu, V. ș.a. *Metode statistico-probabilistice utilizate în energetică.* Editura tehnică, București, 1968.

[5] Dinculescu, C. și Buhuș, P. *O metodă pentru studiul siguranței în funcționarea sistemelor tehnice.* Buletinul Institutului politehnic „Gheorghe Gheorghiu-Dej". București, tom 32, nr. 1, 1970.

[6] Stăncescu, I. D. *Bazele tehnice și economice ale termoficării.* Editura tehnică, București, 1967.

Recenzii

ELWOOD S. BUFFA. **Production—inventory systems. Planning and control** (Producţie—sisteme de stoc. Planificare şi control). Richard D. Irwin, inc. Homewood, Illinois, 1968.

Acest volum se ocupă cu conceptele şi metodele de planificare şi control ale sistemelor producţie-stoc.

Cartea prezintă patru clasificări distincte ale sistemelor; un accent considerabil se pune asupra conceptelor şi metodelor pentru planurile agregat şi planurile curente.

Lucrarea cuprinde un număr de 457 pagini, iar materialul este distribuit în şapte părţi distincte (15 capitole) şi o anexă.

Rezultatele unei imense cercetări efectuate în ultimii 10—15 ani în domeniul sistemelor producţie-stoc sînt prezentate într-un mod sintetic şi integrat în cartea lui E.S. Buffa (profesor la Universitatea California din Los Angeles), care apare astfel ca o lucrare de ansamblu.

Sistemele producţie-depozitare sînt analizate în lumina celor mai actuale cercetări. Se pleacă de la definiţia sistemului ca „un grup de elemente interdependente sau cu interacţiune regulată care formează un tot unitar" şi succesiv sînt prezentate elementele de bază ale unor astfel de sisteme : natura sistemelor producţie-depozite (cap. 1), prognoze pentru dimensionarea depozitelor şi producţiei (cap. 2), sisteme de gestiune a depozitelor (cap. 3), proiectarea instalaţiilor pentru sisteme de fabricaţie intermediare (cap. 10), pregătirea şi programarea fabricaţiei în ateliere şi sisteme de control (cap. 12), proiectare şi programare prin metode de reţele (cap. 13).

Sistemele producţie-depozitare sînt tratate de către autor într-un mod diferenţiat, detaliat, pe două mari grupe caracteristice (sisteme continue şi intermitente).

Grupa *sistemelor continue* (pură depozitare şi producţie continuă) — proiectare şi fabricaţie — este optimizată, urmărindu-se necesarul de producere pentru stoc şi depozitare. Acestea determină depozitele apte pentru acoperirea cererilor variabile de la consumator în fazele de producţie sau aprovizionare.

Sistemele intermediare se caracterizează prin aceea că sînt complet adaptate cerinţei de a menţine totdeauna disponibile capacităţi de producţie — mijloace fixe şi forţă de muncă. Acestea trebuie să satisfacă cereri ce variază ca necesităţi de proiectare şi de condiţiile concrete tehnologice.

În cadrul primei grupe se tratează separat sistemele continue de pură depozitare şi cele de producţie-depozitare de dimensiuni ample (cap. 4, 8). Cele din a doua grupă comportă o distincţie între sistemele de producţie-depozitare cu ateliere şi cele de mari proporţii (partea a IV-a şi a V-a).

În carte, noţiunea de *sistem de producţie* se extinde înţelegîndu-se prin aceasta şi alte sisteme decît cele de pură fabricaţie fizică.

Producţia, în accepţiunea autorului, se referă atît la procesul prin care se creează bunuri materiale cît şi servicii (complexul activităţilor de guvernare, transport, distribuţie etc). În lucrarea sa, Buffa se limitează totuşi la sistemele de fabricaţie, deoarece acestea sînt cele mai corespunzător studiate astăzi. Datorită caracterului dependent al sistemelor de fabricaţie şi distribuţie, care trebuie abordate într-un sens mult mai larg, autorul se referă, în repetate rînduri, şi la aspecte specifice de distribuţie.

Lucrarea consacră o primă parte introductivă prezentării sistemelor producţie-depozitare. În partea a II-a se tratează în special despre depozite : modele de bază pentru depozite (cap. 3) şi sisteme de gestiune a depozitelor (cap. 4), pornind de la determinarea stocurilor-tampon, ulterior prezentîndu-se sisteme de depozite din punctul de vedere al organizării.

Partea a III-a tratează concepţii şi metode privind programarea fabricaţiei. Se folosesc metode matematice moderne de analiză a programării fabricaţiei (cap. 6), iar în capitolul 7 sînt prezentate metode euristice şi modul de folosire a calculatoarelor electronice privind programarea fabricaţiei.

În partea a IV-a, în 68 de pagini se analizează programarea fabricaţiei de mare serie; programarea produselor standardizate de mare serie (cap. 8) şi determinarea secvenţei, operaţiilor şi echilibrarea (cap. 9).

Partea a V-a este dedicată programării fabricaţiei în ateliere.

Programarea unor proiecte de mari proporţii este analizată în cadrul părţii a VI-a. Se face apel la studiul programării şi proiectării prin metoda reţelelor (cap. 13) şi în final sînt analizate programarea şi controlul proiectului.

Partea a VII-a prezintă consideraţii de sinteză (12 pagini) iar în cadrul unei anexe sînt descrise modelul şi programul special pentru aprovizionare cu piese de rezervă necesare reparaţiilor.

Cartea se remarcă, în mod deosebit, printr-o concepţie modernă de tratare a ansamblului fabricaţie-depozitare ca un sistem integrat. Este original modul de analiză a efectului depozitării în sistemul de distribuţie.

Autorul foloseşte cele mai diverse surse bibliografice, rezultate adeseori din cercetări în ultimii ani ca disertaţii recente, unele chiar nepublicate încă, precum şi analize practice efectuate în întreprinderi. Alături de metodele euristice pentru programarea fabricaţiei şi programarea parametrică a producţiei, autorul integrează în carte şi folosirea calculatoarelor electronice în programarea fabricaţiei. Se poate aprecia că lucrarea prezintă un material foarte sistematizat atît ca aranjare în capitole, cît şi printr-o tratare corespunzătoare a lui. Materialul grafic vine să completeze foarte sugestiv afirmaţiile şi conţinutul teoretic al cărţii.

Cartea se adresează în special celor ce se ocupă de organizarea producţiei, dar poate fi consultată cu succes şi de inginerii şi economiştii care vor să cunoască mai adînc tehnicile cantitative de abordare ale managementului.

Asistent ing. **Adrian Gheorghe**

EUGEN L. GRANT şi W. GRANT IRESON. **Principles of engineering economy.** Principiile economiei inginereşti). The Ronald Press Company, New York, 1970.

Cartea tratează în esenţă principiile şi tehnicile necesare în luarea deciziilor privind introducerea de noi investiţii sau renunţarea la mijloace de producţie învechite, ansamblul acestor principii şi tehnici fiind denumit „economia inginerească". Este necesară precizarea că autorii, plasîndu-se în cadrul economiei capitaliste, pornesc de la elementele de bază ce o caracterizează, însă metodele de analiză folosite pot avea o largă utilitate în ceea ce priveşte problemele de principiu ale economiei inginereşti.

Lucrarea cuprinde 640 pagini, materialul fiind organizat în trei părţi mari, ce totalizează 21 de capitole, la care se adaugă cinci anexe. Utilitatea ei este ilustrată elocvent, între altele, de faptul că se află la cea de-a V-a ediţie.

În prima parte sînt prezentate conceptele de bază ale economiei inginereşti, pornind de la definirea variantelor şi prognoza consecinţelor lor. Aceste concepte ating aspecte de natura luării deciziilor între mai multe variante adecvate, pentru fiecare făcîndu-se o evaluare clară a avantajelor şi a consecinţelor aplicării lor; înaintea formulării şi a evoluării proiectului, ar fi esenţial să se adopte un punct de vedere; pentru compararea variantelor este necesară aducerea la echivalenţă a consecinţelor. Numai diferenţele prospective între variante sînt revelatoare în ce priveşte comparaţia lor.

Autorii subliniază, în fine, un aspect deosebit de interesant — necesitatea adoptării unui criteriu de bază de selecţie, avînd ca obiect folosirea cît mai raţională a resurselor limitate. Se precizează, de asemenea, avantajul folosirii unui criteriu secundar ce reflectă într-un anumit mod incertitudinea primelor estimări.

Partea a II-a, care se referă la analiza propunerilor de investiţie, prezintă calcule de echivalenţă a variantelor (cap.3), formule de calcul ale profitului (cap. 4) şi rezolvarea problemelor de profit (cap-5).

Un mod de reflectare în studiile economice a dorinţei de a acoperi investiţiile şi de a obţine un beneficiu este compararea variantelor pe baza veniturilor anuale (cap. 6).

Problema calculului de evaluare a seriilor de încasări în viitor (*annual cash flow*) se prezintă în capitolul 7, intitulat ,,Valoare prezentă''.

O comparaţie între mai multe alternative care presupun cheltuieli şi venituri de valori diferite, eşalonate în timp pe diferite perioade, poate fi exprimată prin rata profitului (*interest rate*), ceea ce face ca variantele să fie echivalente. Pentru o variantă care implică cheltuieli de investiţii mari în prezent şi venituri mari în viitor, rata profitului se poate numi rată prospectivă. Calcularea acestei rate se face în condiţiile prezente, dar de cele mai multe ori ea se dovedeşte a fi mult mai mare (deoarece investiţia nu este încă realizată). Ca urmare, acest calcul se referă la o rată necunoscută a profitului (cap. 8).

În capitolul 9 este tratată relaţia dintre cele mai cunoscute tehnici de ''cost-beneficiu'' (*benefit-cost*) şi celelalte metode de analiză care au fost studiate în capitolele precedente. Urmează o tratare pe larg a legăturii dintre calculul de depreciere şi economia inginerească. Se precizează ce se înţelege prin ,,depreciere'', ataşîndu-se patru concepte de bază (descreşterea valorii; costul amortizat; diferenţa valorică dintre mijloacele vechi existente şi noi mijloace ipotetice; slăbirea eficienţei funcţionale). Calculul de depreciere se referă numai la mijloacele fixe (cap. 10).

Ultimul capitol (11) al părţii a doua introduce problema alegerii ratei de revenire minime la care investiţia mai prezintă interes pentru investitor (*minimum attractive rate of return*).

Partea a treia cuprinde studiul efectiv al tehnicilor folosite în studiile economice.

Sînt tratate aspecte ale analizei economice a situaţiilor cu variante multiple, în special în cazul în care se alege o singură variantă (cap. 12). Privitor la nesiguranţa previziunilor făcute, se arată că decizia luată poate fi mai reală dacă concluzia studiului economic este sensibilă la uşoarele schimbări ale anumitor previziuni (cap. 13).

O temă interesantă este cea studiată în capitolul 14: ,,Folosirea calculului probabilităţilor în studiile economice''.

Utilizarea în calculele economice a costurilor unitare medii nu trebuie făcută în mod necritic, pentru că există totdeauna diferenţe prospective între variante, care sînt revelatoare pentru comparaţia lor. Singurele diferenţe posibile sînt cele care apar în viitor (cap. 15: ,,Costuri sporite şi costuri scăzute'').

Capitolul 16, intitulat ,,Estimarea consecinţelor asupra taxelor pe venit legate de anumite decizii de investiţie într-o industrie competitivă'', se referă la analiza alternativelor legată de diferenţele prospective în venituri efective şi recunoaşterea plăţilor pentru taxe asupra veniturilor ca o parte ce trebuie inclusă în orice analiză de venituri.

Capitolul 17 se referă la studiile economice privind retragerea şi înlocuirea mijloacelor de producţie. În industria modernă, experienţa curentă arată că mijloacelor fixe sînt retrase cînd ele încă mai sînt capabile să funcţioneze din punct de vedere fizic. Pentru asemenea retrageri sînt necesare decizii care se iau în domeniul economic. Se discută aupra analizelor necesare pentru luarea unor astfel de decizii.

Capitolul 18 tratează influenţa surselor pentru fondurile de investiţii în studiile economice. Se relevă faptul că, în cadrul economiei capitaliste, de cele mai multe ori costurile de finanţare pot fi făcute fie prin împrumut, fie prin contract, iar rata prospectivă de revenire cu o creştere mică a capitalului nu este o indicaţie suficientă pentru luarea deciziilor de investiţie.

Cîteva aspecte ale studiilor economice privind activităţile guvernamentale sînt tratate în capitolul 19.

Capitolul 20 prezintă unele aspecte ale studiilor economice privind utilităţile publice.

În ultimul capitol (21) se face o scurtă introducere asupra etapelor de management care asigură luarea unor decizii majore legate de diferite propuneri de finanţare a investiţiilor. Criteriul de bază pentru luarea unor astfel de decizii trebuie să fie aplicat cu consecvenţă de-a lungul întregii organizări a investiţiei; se face o distincţie la nivelul proiectului ingineresc.

Anexele cuprind cinci părţi, şi anume:

A — metode de calcul privind profitul şi încasările;

B — metode de analiză a seriilor de încasări în viitor;

C — calcule privind neconcordanţele de investiţie în evaluarea proiectului, datorate aplicării simultane a două sau mai multe rate ale profitului;

D — aspecte ale diferitelor sisteme utilizate de MAPI (Machinery and Allied Product Institute);

E — tabele de calcul al profitului.

Autorii utilizează numeroase aplicaţii pentru explicarea noţiunilor teoretice (într-o formă concisă şi foarte clară); fiecare capitol este încheiat cu un număr considerabil de probleme concrete.

Atît exerciţiile cît şi problemele cuprind date reale din economia S.U.A.

Cartea serveşte în primul rînd ca manual pentru studenţii institutelor tehnice şi economice, iar în al doilea rînd este de un real ajutor în practica inginerilor şi a cadrelor de conducere din economie în luarea deciziilor privind investiţiile,

Ing. **Roman Petre** şi
ing. **Gheorghe Adrian**

C. BURDUCEA, C. MINGIUC, T. MOCANU. **Soluţii tehnice folosite în centralele nuclearoelectrice cu reactoare cu apă grea.** Studii documentare — seria ,,Termoenergetică şi energetică nucleară'', Oficiul de documentare energetică, 1970, 134 p., 78 fig., 24 tabele, 46 ref. bibl.

Pe linia preocupărilor pentru introducerea şi dezvoltarea folosirii energiei nucleare, este de semnalat lucrarea ,,Soluţii tehnice folosite în centralele nuclearoelectrice cu reactoare cu apă grea'', apărută la sfîrşitul anului trecut, sub forma unui studiu documentar.

După cum rezultă din însuşi titlul lucrării, autorii s-au limitat la domeniul — destul de vast totuşi — al centralelor cu reactoare nucleare folosind ca moderator apa grea.

Din acest motiv, primul capitol — destinat prezentării sumare a unor elemente de teoria reactorului — include o descriere aparte a metodelor actuale de fabricare a apei grele, precum şi criteriile care determină în prezent alegerea ei şi ca moderator, în competiţie cu grafitul şi apa uşoară.

Al doilea capitol ocupă o pondere deosebită în economia lucrării, prezentînd principalele caracteristici ale unui număr de peste 20 centrale nuclearoelectrice, avînd reactoare moderate cu apă grea, din diverse ţări. Concepţia schemelor termice utilizate este exemplificată cu modele caracteristice pentru fiecare tip de reactor cu apă grea, clasificate după agentul de răcire utilizat: apă grea sub presiune(PHWR) sau în fierbere(BHWR); apă uşoară în fierbere (HWBLW, SGHWR); gaze — de exemplu CO_2—(HWGCR) sau lichide organice.

Zece dintre centralele cele mai reprezentative pentru categoria studiată în lucrare, aflate în exploatare sau în curs de realizare, sînt analizate detaliat în acest capitol. Datele tehnice ale instalaţiilor nucleare respective permit un studiu comparativ extrem de util privind rezultatele obţinute pînă în prezent şi tendinţele de dezvoltare în viitor. Remarcabilă prezentarea unor proiecte de reactoare răcite cu apă grea, utilizînd unele concepţii noi, bazate pe cele două soluţii constructive uzuale: cu turbine de presiune verticale (la cele de tip PHWR) şi cu vase de presiune din beton precomprimat (la cele de tip BHWR).

Trăsăturile caracteristice ale acestor soluţii, precum şi ale principalelor elemente constructive ce intră în componenţa reactoarelor cu apă grea, sînt prezentate în al treilea capitol; considerăm însă că faţă de importanţa problemelor tratate, acest capitol este totuşi prea restrîns.

Următoarele capitole se ocupă de părţile constructive ale unei centrale nuclearoelectrice. Astfel capitolul patru, după ce menţionează schema ciclurilor de combustibil la CNE utilizînd ca moderator apa grea, tratează diferite scheme şi moduri de organizare ale gospodăriilor de combustibil. Foarte utilă ni se pare prezentarea tabelară a caracteristicilor elementelor combustibile folosite la un mare număr de CNE. De semnalat, de asemenea, reprezentarea schematică a interdependenţei performanţelor termice ale elementelor combustibile cu indicii economici ai unei CNE.

Un interes deosebit prezintă capitolul 5, care se ocupă de instalaţiile auxiliare specifice reactoarelor cu apă grea. Sînt de amintit instalaţiile aferente circuitelor principale de apă grea şi de CO_2, cele de tratare şi depozitare a deşeurilor radioactive, cele de răcire în caz de avarie etc.

Generatoarele de abur folosite la majoritatea CNE suferă o serie de modificări constructive faţă de tipurile clasice, datorită unor cerinţe specifice : siguranţă mare de funcţionare în exploatare, posibilitatea unei spălări uşoare a traseului purtătorului primar, coeficient mare de transfer al căldurii, costuri reduse. În capitolul 6 sînt descrise totodată unele instalaţii anexe şi materiale folosite în construcţia generatoarelor de abur.

Capitolul 7 este consacrat problemelor de protecţie contra radiaţiilor şi de securitate a centralei. Se prezintă diferite sisteme de protecţie şi de reţinere, noţiuni de protecţie biologică a personalului CNE şi metode de îndepărtare a materialelor radioactive la unele tipuri de reactoare. Este greu de înţeles încă de ce acest capitol a fost intercalat între cele privind generatoarele şi turbinele de abur, problemele tratate putînd fi prezentate mai bine spre sfîrşitul lucrării.

Turbinele cu abur descrise în capitolul opt sînt numai de tipul cu abur saturat, specifice întrucîtva CNE cu apă grea. Sînt trecute în revistă particularităţile acestor turbine, diferenţiate de natura aburului saturat utilizat : apă uşoară (N_2O) sau apă grea (D_2O).

Problemele de măsură, comandă şi reglaj ale reactoarelor cu apă grea sînt tratate relativ sumar în capitolul nouă. Menţionăm unele principii de variere a sarcinii reactorului : prin varierea nivelului moderatorului cu bare de reglaj, prin otrăvirea moderatorului ş.a.

Ultimul capitol conţine o rapidă trecere în revistă a perspectivelor de dezvoltare pentru CNE cu apă grea, echipate cu diferite tipuri de reactoare, în cîteva ţări ale lumii.

Lucrarea constituie, în ansamblu, un îndreptar util pentru inginerii, proiectanţii şi tehnicienii care vor lucra în proiectarea şi execuţia primelor centrale nuclearoelectrice româneşti. Ea va putea fi consultată cu folos şi de studenţii care se pregătesc în această specialitate, precum şi de toţi cei interesaţi de acest domeniu modern al energeticii.

De menţionat nivelul ridicat, claritatea şi concizia materialului expus, calităţi care impun lucrarea şi care se datoresc atît colectivului elaborator cît şi exigentului control ştiinţific asigurat de ing. Alexandru Mişu.

Ing. **Dan Hîrscu**

CĂTRE AUTORI

Autorii care doresc să obţină exemplare din numerele revistei „ENERGETICA” în care le apar articole sînt rugaţi să ne comunice în scris, o dată cu predarea manuscrisului respectiv în redacţie, numărul de exemplare dorit (maximum 10 exemplare). Contravaloarea — 5 lei exemplarul — va fi reţinută din drepturile de autor pe baza solicitării scrise.

Revista „ENERGETICA” — organ al Ministerului Energiei Electrice şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi tehnicienilor din R.S. România (CNIT). Redacţia: Bucureşti, str. Galaţi nr. 5 — 7, Sectorul II; Tel. 136683; 130053. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinele hehnice în contul nostru de virament: nr. 30.01.01.00 B.N.R.S.R.—Sectorul VI. Tarif pentru întreprinderi lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri lei 30 anual. Preţul unui exemplar lei 5.

Taxele poştale plătite în numerar conform aprobării D.G.P.T. nr. 10.1095, 1967

I.P.I. — c. 2106

41 401

IDEB

PROIECTEAZĂ

EXECUTĂ

EXPLOATEAZĂ

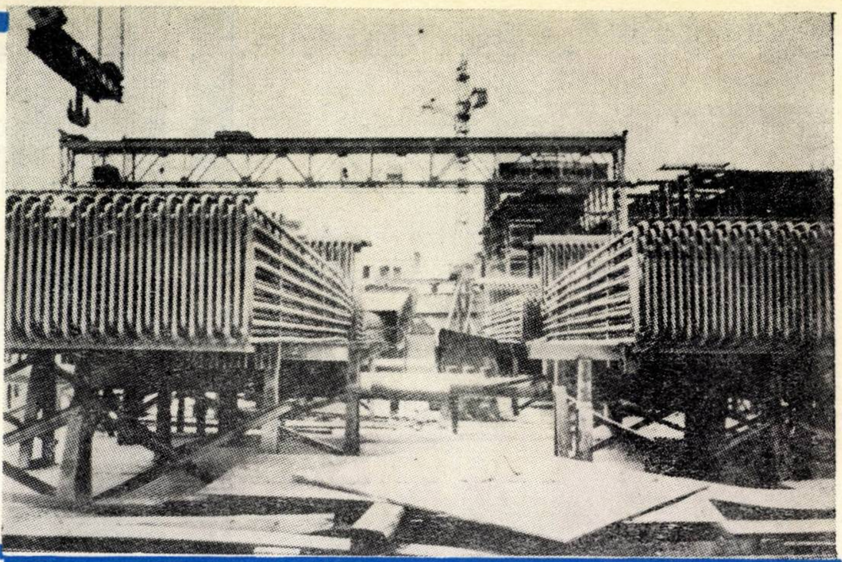
IDEB

instalaţii electrice pentru iluminatul străzilor, al bulevardelor, al pieţelor, faţadelor clădirilor monumentale, monumentelor, parcurilor, stadioanelor etc. de pe teritoriul Municipiului Bucureşti.

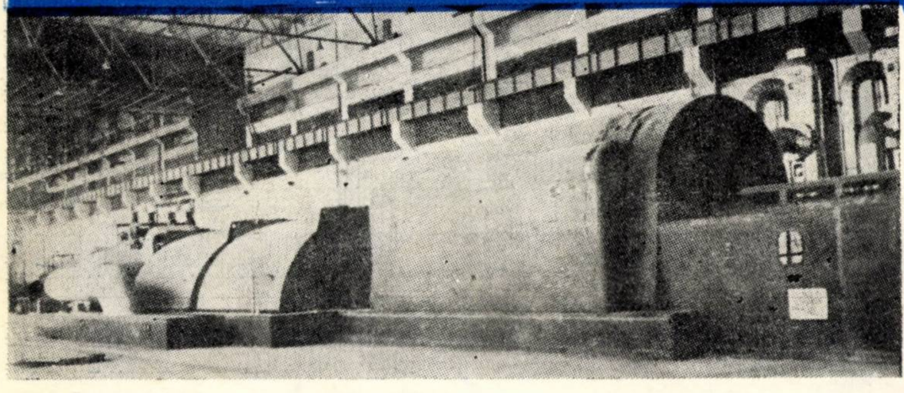
INTREPRINDEREA DE DISTRIBUŢIE
A ENERGIEI ELECTRICE BUCUREŞTI
Bd. 1 Mai nr. 41–43

EXECUTĂ LUCRĂRI DE MONTAJ PENTRU CENTRALE ELECTRICE:

- Cazane de abur cu parametri ridicaţi, 500–640 t abur/h
- Turbine cu abur, de la 5 MW la 315 MW
- Turbine cu gaze
- Turbine hidraulice, de la 5,5 MW la 170 MW



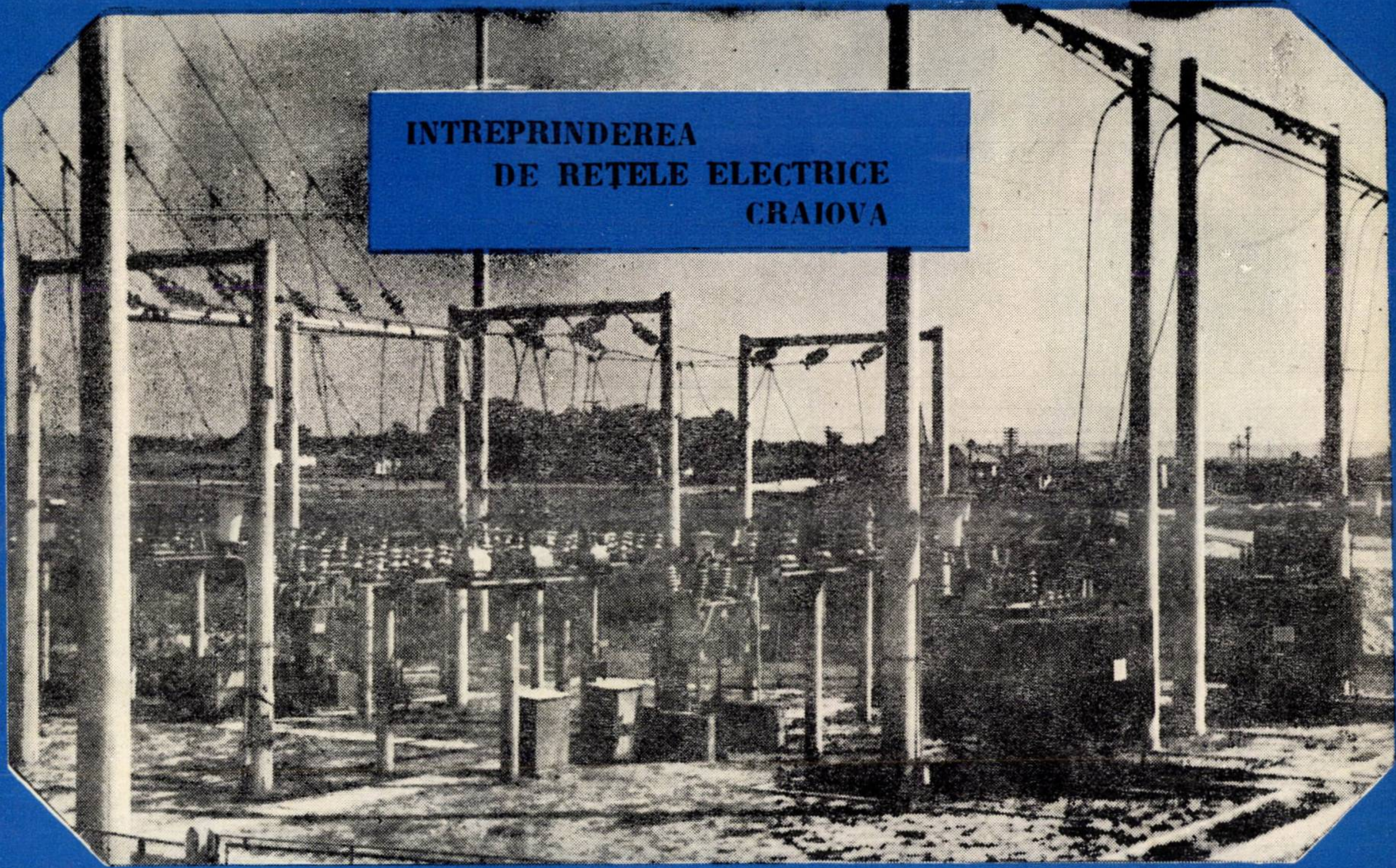
ÎNTREPRINDEREA
Energomontaj



- Compensatoare sincrone
- Instalaţii electrice de joasă, înaltă şi foarte înaltă tensiune
- Instalaţii de măsură, control şi automatizare

Întreprinderea Energomontaj
Bucureşti, Cal. Dorobanţilor nr. 105

INTREPRINDEREA
DE REŢELE ELECTRICE
CRAIOVA



ASIGURĂ buna deservire a consumatorilor de energie electrică din sectorul industrial, agricol, feroviar şi casnic din regiune

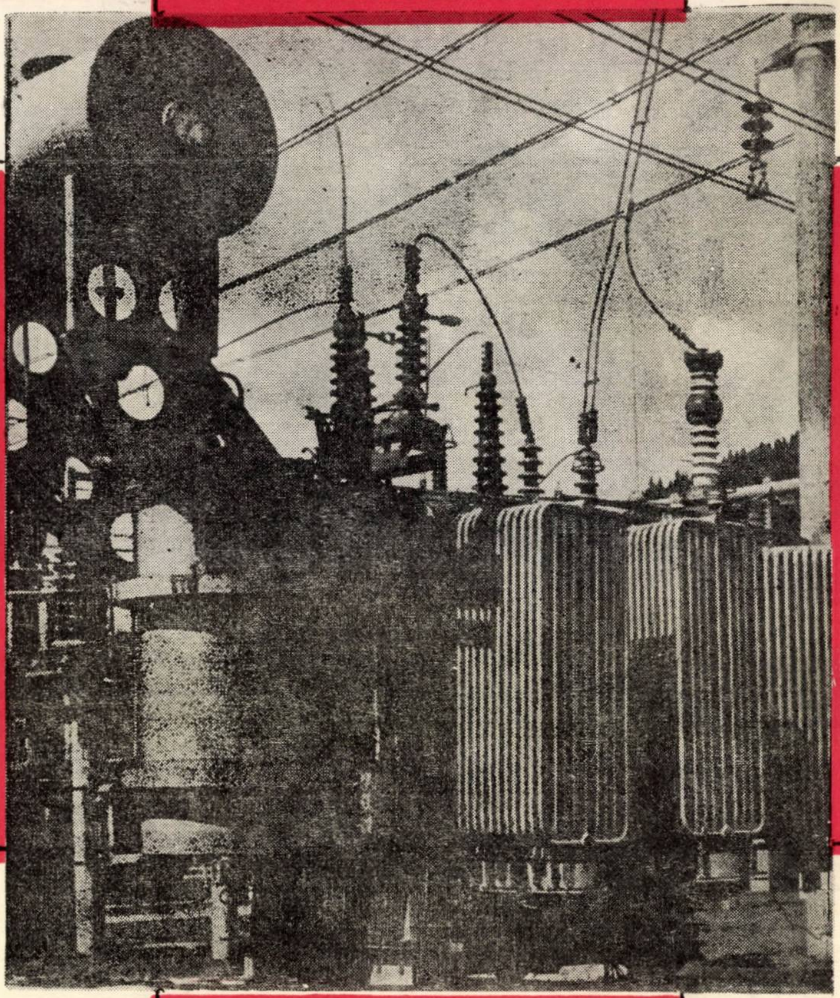
PROIECTEAZĂ şi execută reţele, posturi, staţii de medie şi înaltă tensiune, branşamente şi instalaţii interioare în mediul urban şi rural, la orice categorie de consumatori

PROIECTEAZĂ şi execută automatizări şi modernizări de instalaţii electrice

ÎNTREPRINDEREA DE REŢELE ELECTRICE CRAIOVA
Str Brestei nr 5

IRE

PLOIEŞTI



- **PROIECTEAZĂ, EXECUTĂ ŞI EXPLOATEAZĂ**

posturi şi staţii de transformare, linii electrice aeriene şi subterane de transport şi distribuţie, instalaţii de iluminat exterior, instalaţii electrice interioare

- **EFECTUEAZĂ**

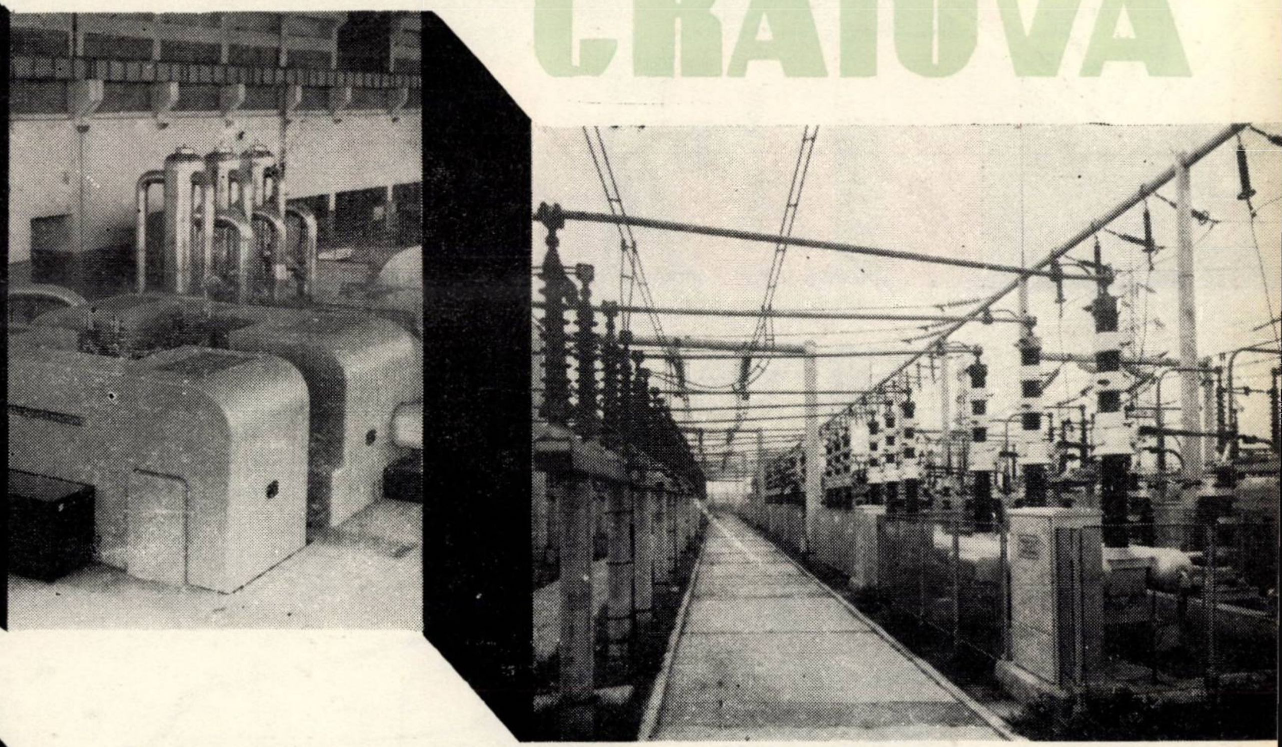
încercări profilactice la aparatajul electric şi verificări de protecţie prin relee

- **ASIGURĂ**

buna deservire a consumatorilor de energie electrică din sectorul industrial, agricol şi casnic din zonă

ÎNTREPRINDEREA DE REŢELE ELECTRICE PLOIEŞTI
Cîmpina, Str. Culturii nr. 33

întreprinderea electrocentrale CRAIOVA



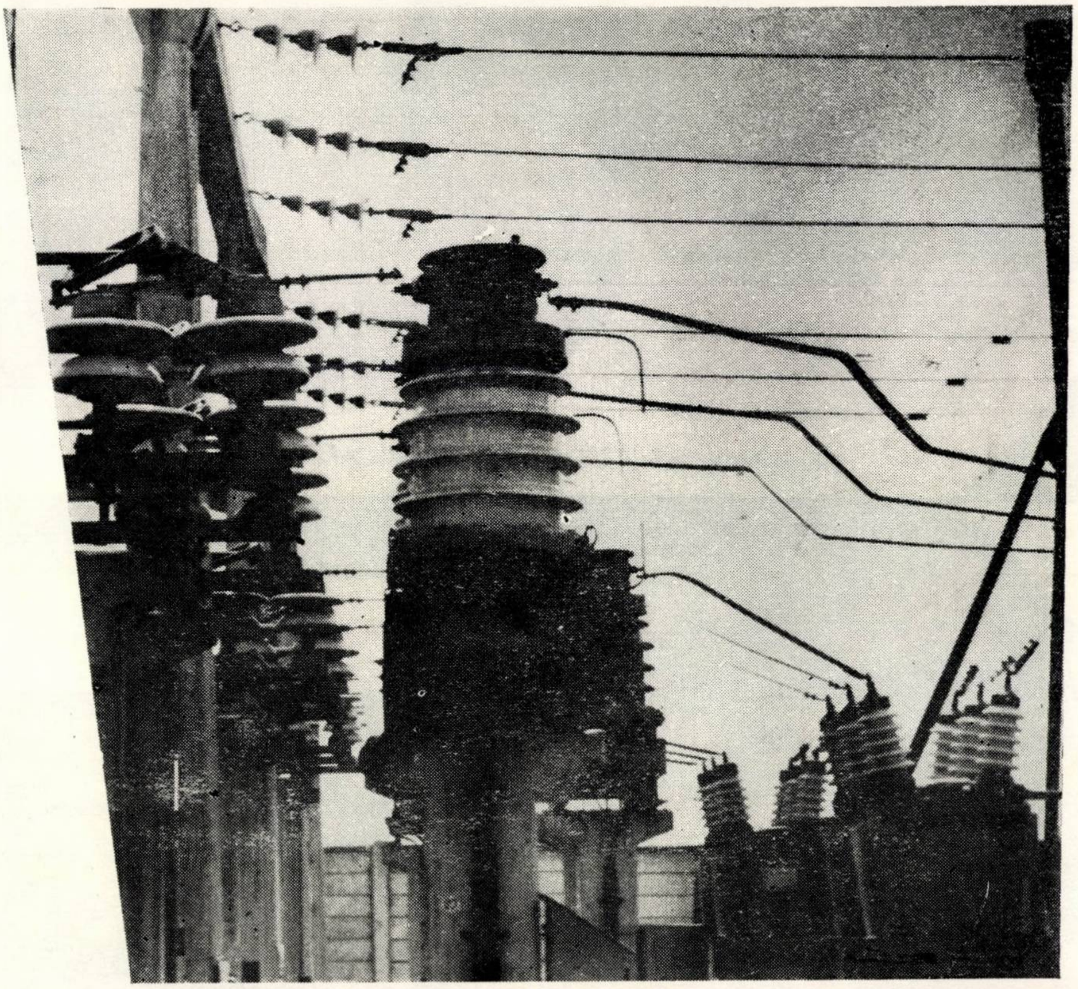
CENTRALA ELECTRICĂ DE TERMOFICARE CRAIOVA

- CET Craiova, înzestrată cu grupuri moderne și instalații cu un înalt grad de automatizare și concentrare a comenzilor, produce și furnizează, în condiții de siguranță și calitate:
  - — *energie electrică sistemului energetic național;*
  - — *energie termică consumatorilor industrali din zonă;*
  - — *cenușă uscată pentru industria construcțiilor.*
- Cenușa livrată de centrală se poate utiliza de fabricile de ciment la elaborarea betonului celular autoclavizat, din care se realizează cărămizi ușoare, panouri mari pentru hale industriale, stîlpi ușori, izolații termice, hidrofuge și fonice, precum și alte produse necesare industriei construcțiilor și materialelor de construcții.

IEC CRAIOVA, COM. IŞALNIŢA, JUD. DOLJ

IRE

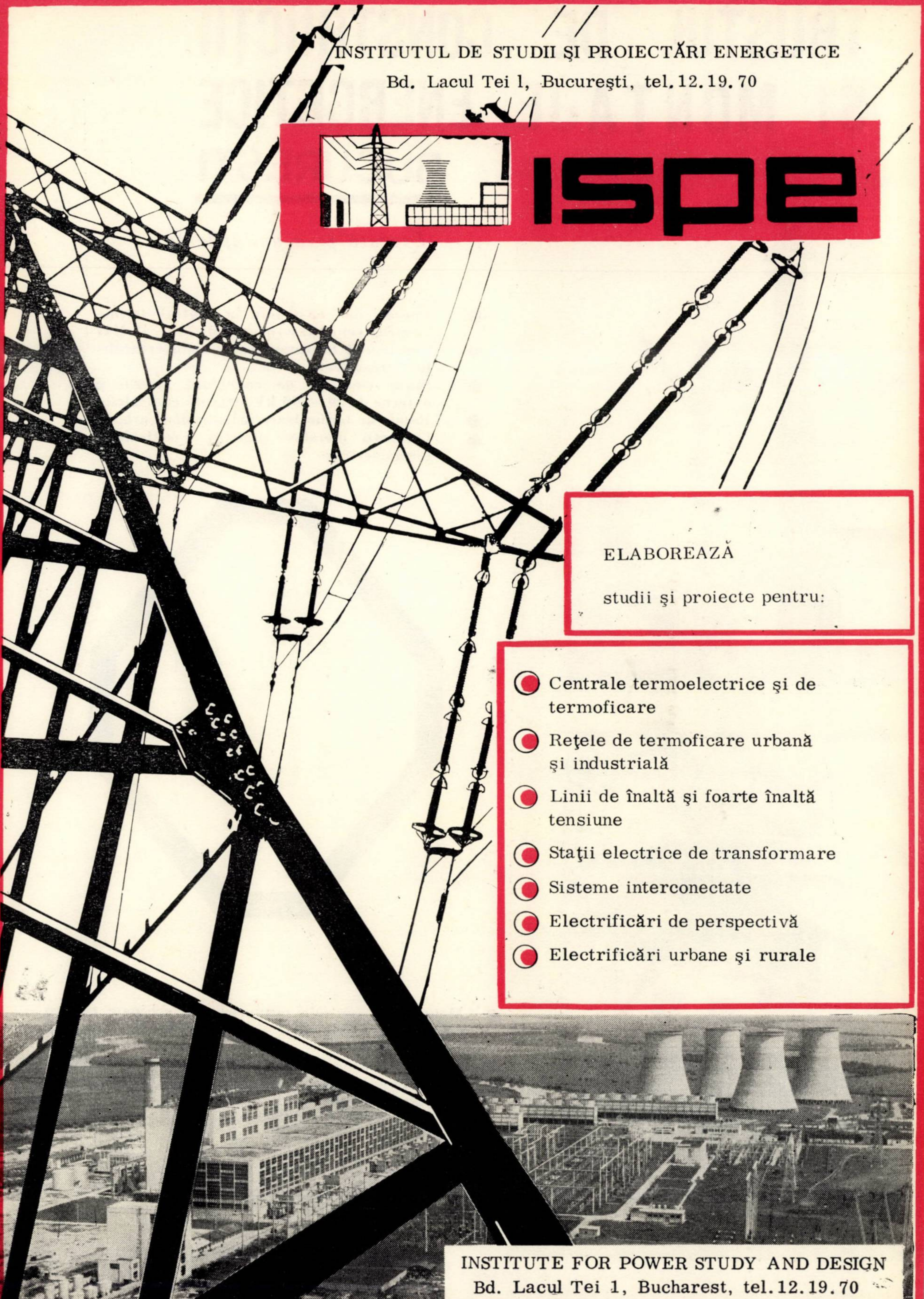
TG. MUREȘ



● produce, transportă și distribuie energie electrică în rețele electrice de înaltă, medie și joasă tensiune;

● execută:
- verificări de aparate electrice de măsură și control în laboratorul PRAM
- lucrări de construcții—montaj la electrificări rurale și industriale și instalații interioare;
- lucrări de întreținere la iluminatul public;
- proiecte de instalații energetice

Tg. Mureș, str. Elba nr. 3 — Tel. 5211



INSTITUTUL DE STUDII ŞI PROIECTĂRI ENERGETICE
Bd. Lacul Tei 1, Bucureşti, tel. 12.19.70

ispe

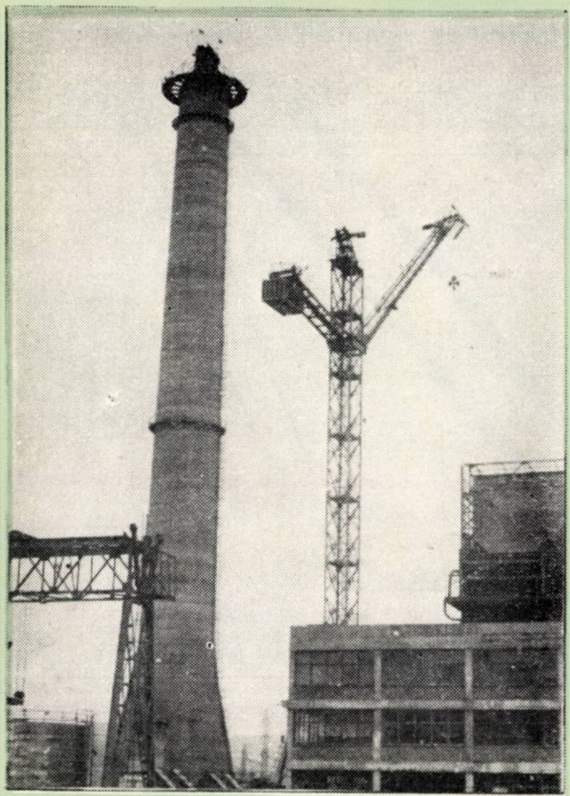
ELABOREAZĂ

studii şi proiecte pentru:

- Centrale termoelectrice şi de termoficare
- Reţele de termoficare urbană şi industrială
- Linii de înaltă şi foarte înaltă tensiune
- Staţii electrice de transformare
- Sisteme interconectate
- Electrificări de perspectivă
- Electrificări urbane şi rurale

INSTITUTE FOR POWER STUDY AND DESIGN
Bd. Lacul Tei 1, Bucharest, tel. 12.19.70

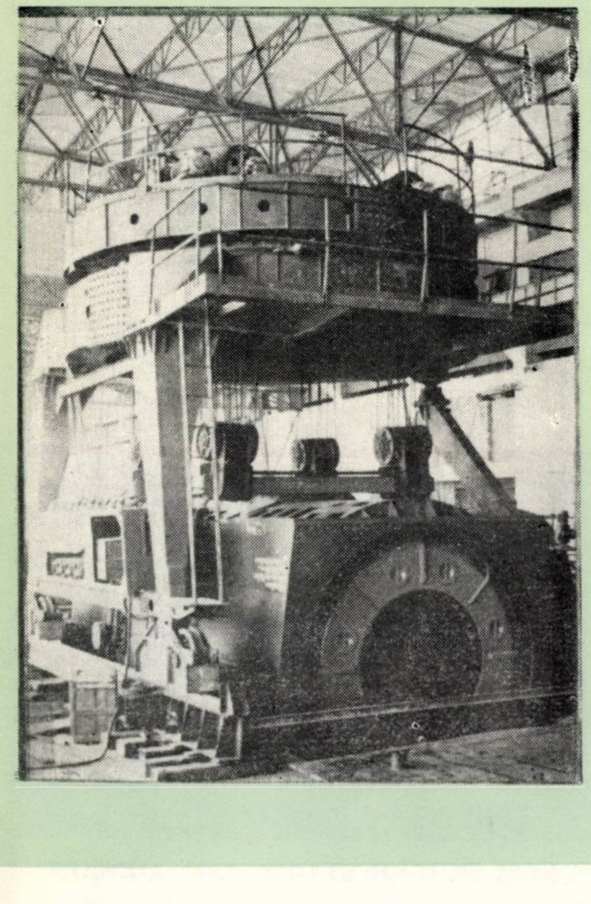
TRUSTUL DE CONSTRUCŢII ŞI MONTAJE ENERGETICE
BUCUREŞTI



Execută prin unităţile sale:

- Lucrări de construcţii la centrale termoelectrice echipate cu grupuri de 25 –315 MW
- Construcţii hidrotehnice aferente centralelor termoelectrice
- Staţii electrice de conexiuni interne şi externe de 20 –400 kV aferente centralelor
- Reţele de termoficare industrială şi urbană
- Confecţii metalice aferente centralelor termoelectrice

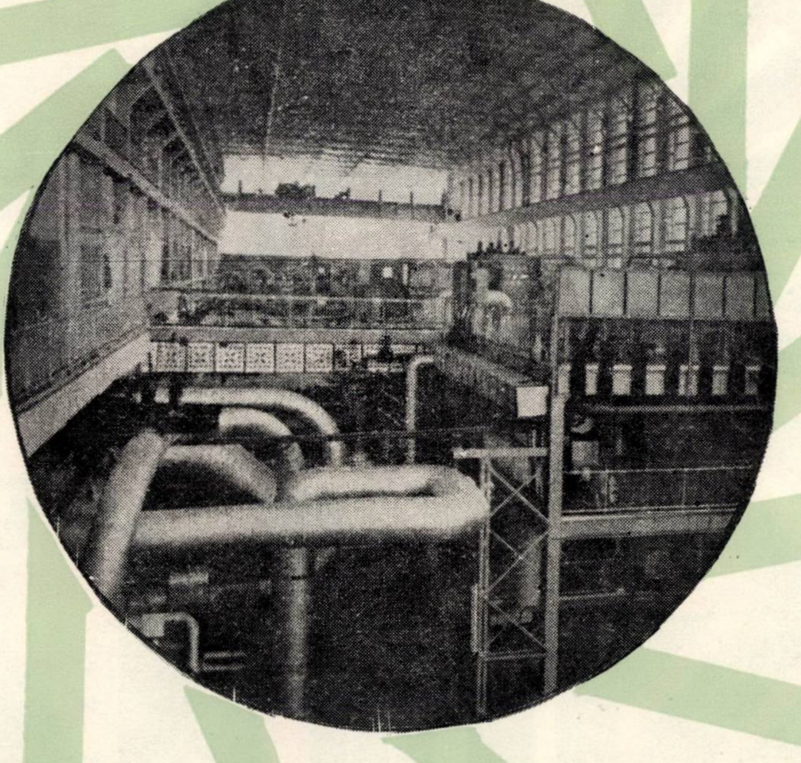
TCME



- **Montaje de centrale termoelectrice echipate cu grupuri de 25 – 315 MW şi centrale hidroelectrice de 5,5 – 170 MW**
- **Instalaţii hidromecanice pentru centrale electrice**
- **Instalaţii de automatizare, mecanizare, control pentru centrale electrice**

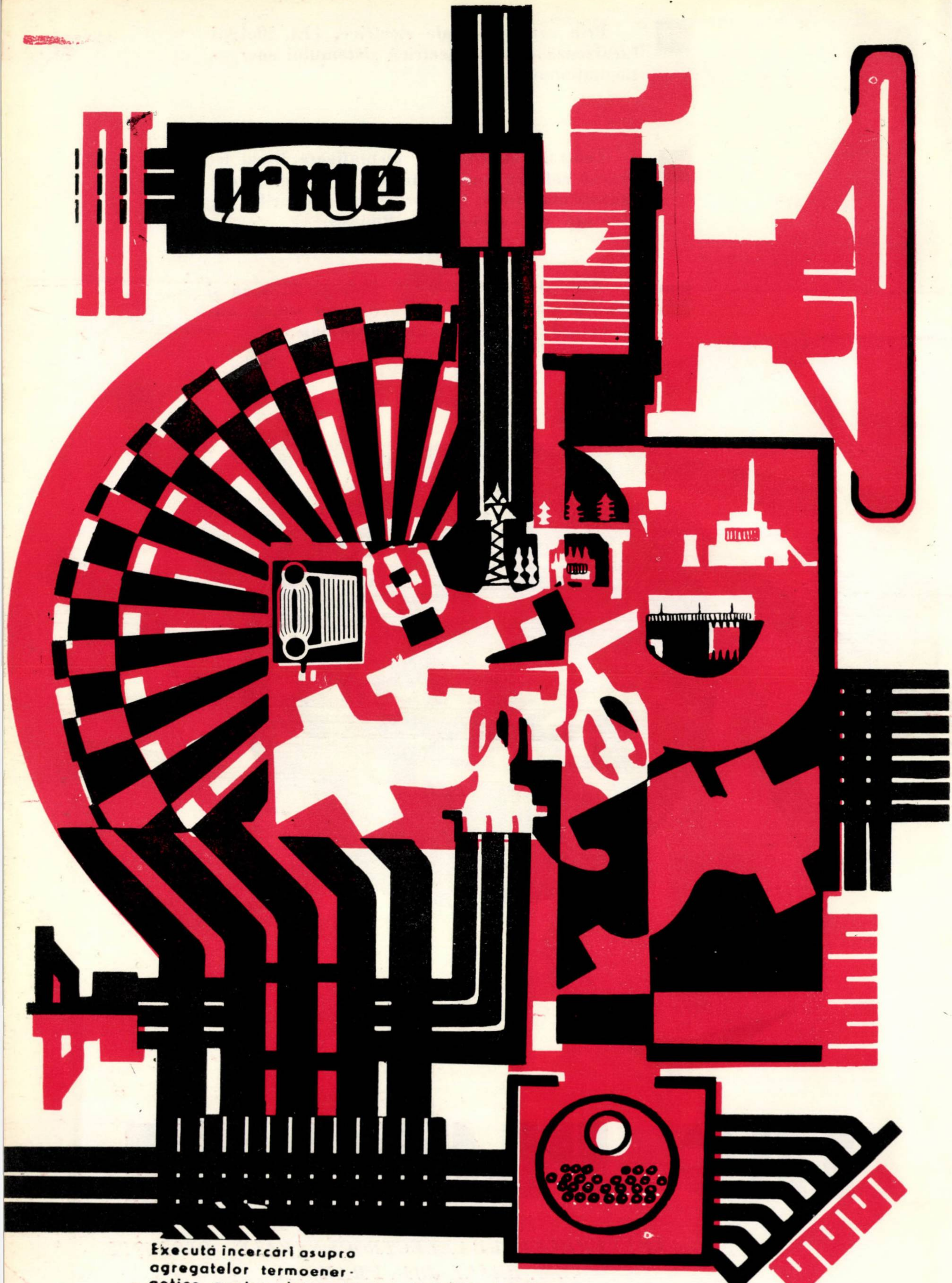
TRUSTUL DE CONSTRUCTII
SI MONTAJE ENERGETICE
Cal. Moşilor 158, tel. 16. 63. 30

- Prin centralele sale electrice, IEC Ploiești furnizează energie electrică sistemului energetic național.
- Centrala electrică de termoficare Brazi livrează căldură consumatorilor de pe platforma industrială Brazi, serelor și ansamblurilor de locuințe din municipiul Ploiești.
- Centrala termoelectrică Doicești livrează și cenușă pentru fabricarea betonului celular autoclavizat și a cimenturilor speciale.



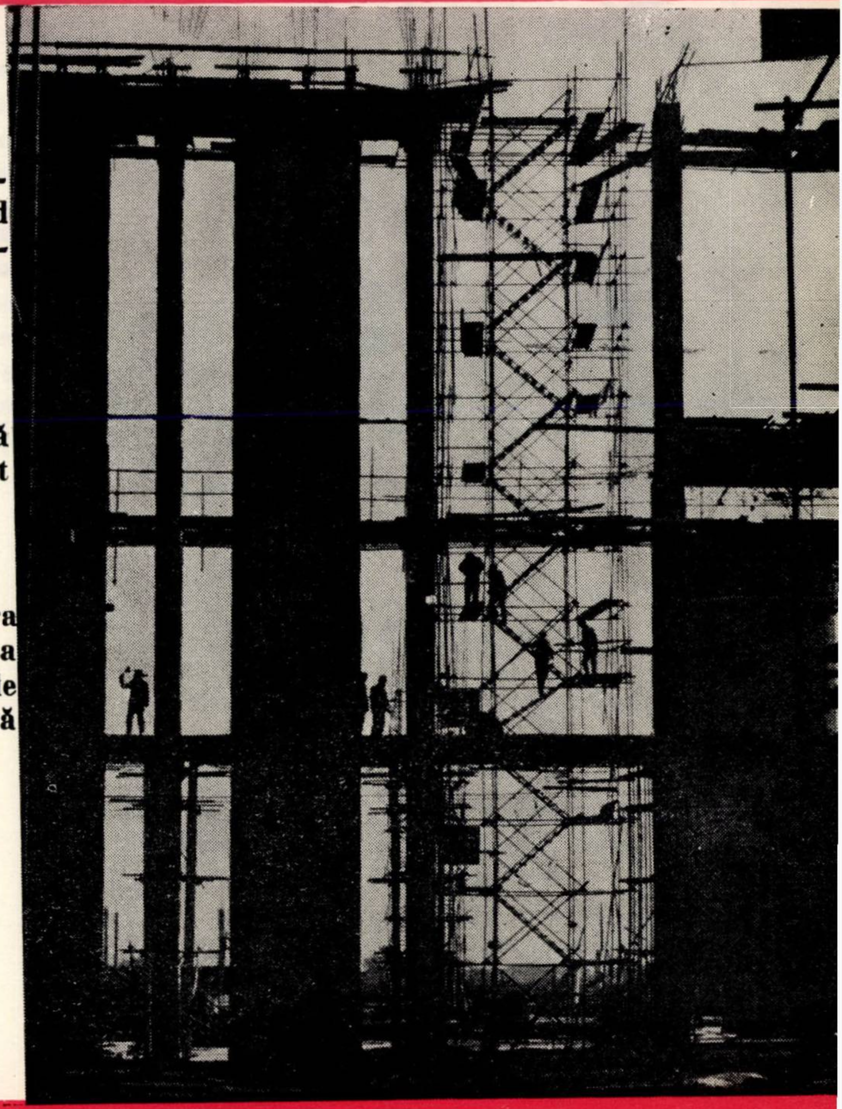
IEC PLOIEȘTI

ÎNTREPRINDEREA ELECTROCENTRALE PLOIEȘTI
COM. BRAZI, JUD. PRAHOVA



Execută incercări asupra agregatelor termoenergetice pentru determinarea indicilor tehnico economici de funcţionare şi stabilirea fişelor de regim optim

IEC CONSTANȚA



Prin centralele sale, furnizează energie electrică sistemului energetic național, asigurînd o mare parte din necesarul de energie electrică al Dobrogei.

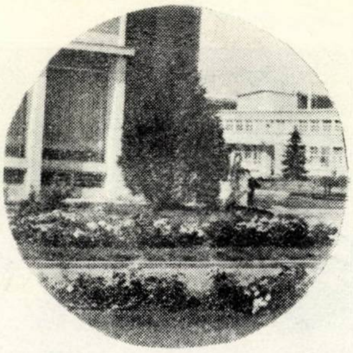
CET Palas, în construcție, cu o putere totală instalată de 100 MW, funcționează în prezent cu 50 MW.

Prin această nouă centrală se asigură căldura necesară pentru zona industrială și urbană a municipiului Constanța și se ridică gradul de siguranță în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor din Dobrogea.

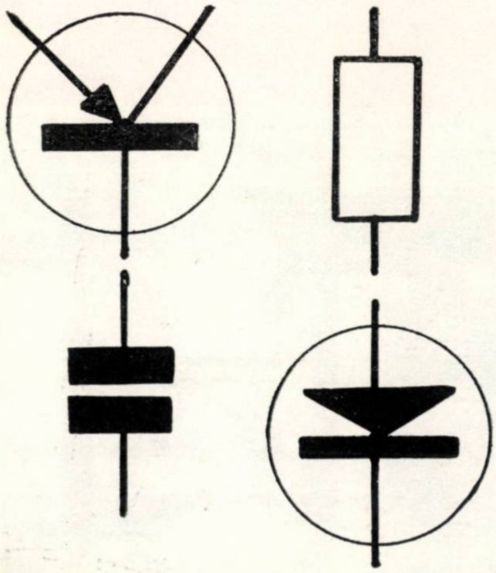
ÎNTREPRINDEREA ELECTROCENTRALE CONSTANȚA
Bd Aurel Vlaicu nr. 123

I.P.R.S. — BĂNEAȘA

ÎNTREPRINDEREA DE PIESE RADIO
ŞI SEMICONDUCTORI BĂNEASA



produce:



PIESE RADIO

- Rezistoare fixe cu peliculă de carbon
- Rezistoare bobinate
- Termistoare
- Condensatoare cu poliester
- Condensatoare cu polistiren
- Condensatoare electrolitice normale
- Condensatoare electrolitice miniatură

- Condensatoare ceramice
- Condensatoare cu hîrtie uz general
- Condensatoare cu hîrtie metalizate
- Condensatoare telefonice
- Condensatoare auto
- Condensatoare pentru tuburi fluorescente
- Cablaje imprimate

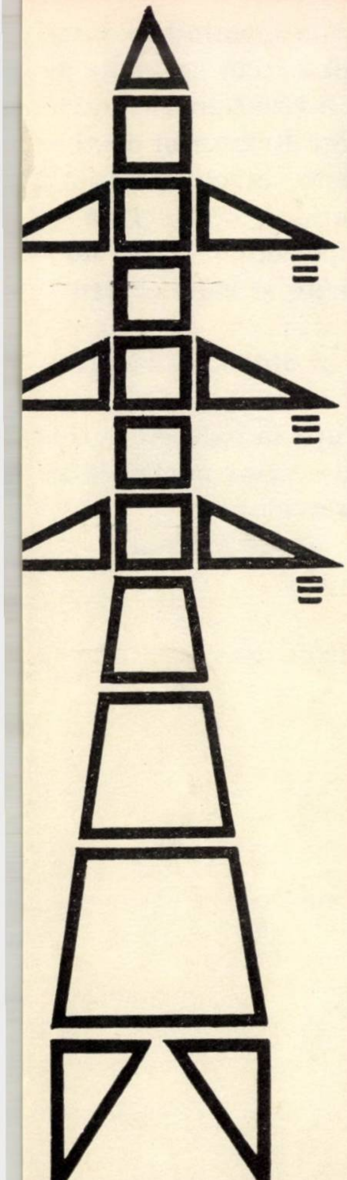
DISPOZITIVE SEMICONDUCTOARE

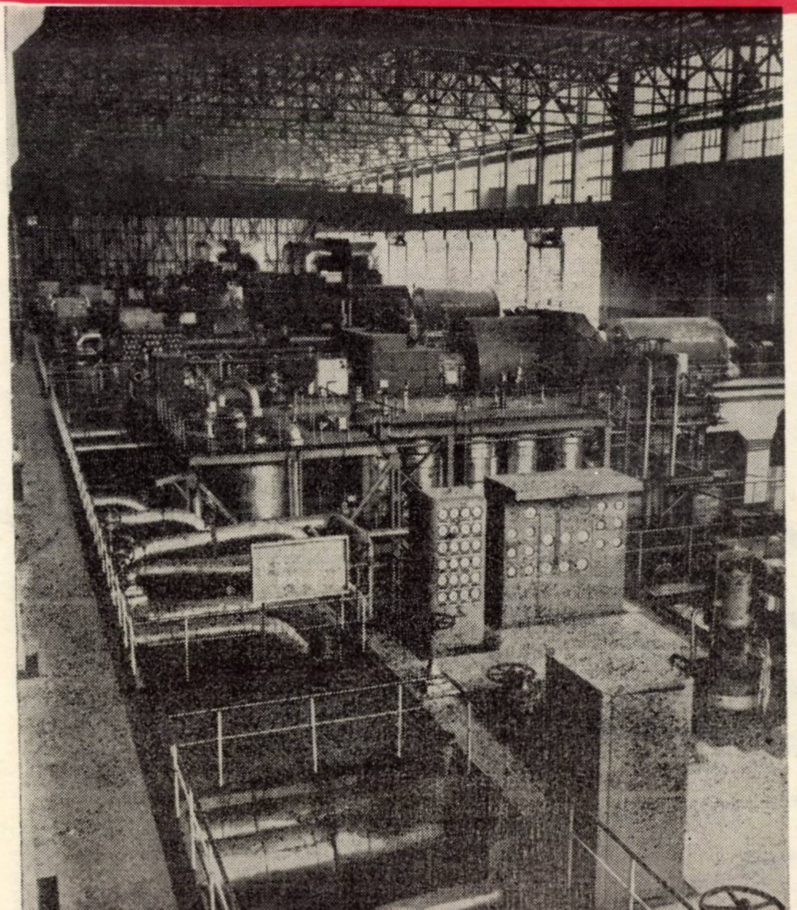
- Tranzistoare cu germaniu de joasă frecvență
  - — de mică putere
  - — de medie putere
  - — de putere
- Tranzistoare cu germaniu, de înaltă frecvență
  - — de mică putere
  - — drift de mică putere
- Diode cu germaniu cu contact punctiform
- Redresoare cu germaniu de medie putere
- Fotodiode cu germaniu
- Diode redresoare cu siliciu
  - — de mică putere
  - — de putere
- Diode Zener de mică putere

I.P.R.S. BĂNEASA
str. Erou Iancu Nicolae nr. 32
Telefon 33.38.30
Telex 011203

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT

întreprinderea electrocentrale bucurești





Produce și furnizează sistemului energetic național energie electrică pentru consumatorii din zonă și căldură pentru consumatorii din municipiul București

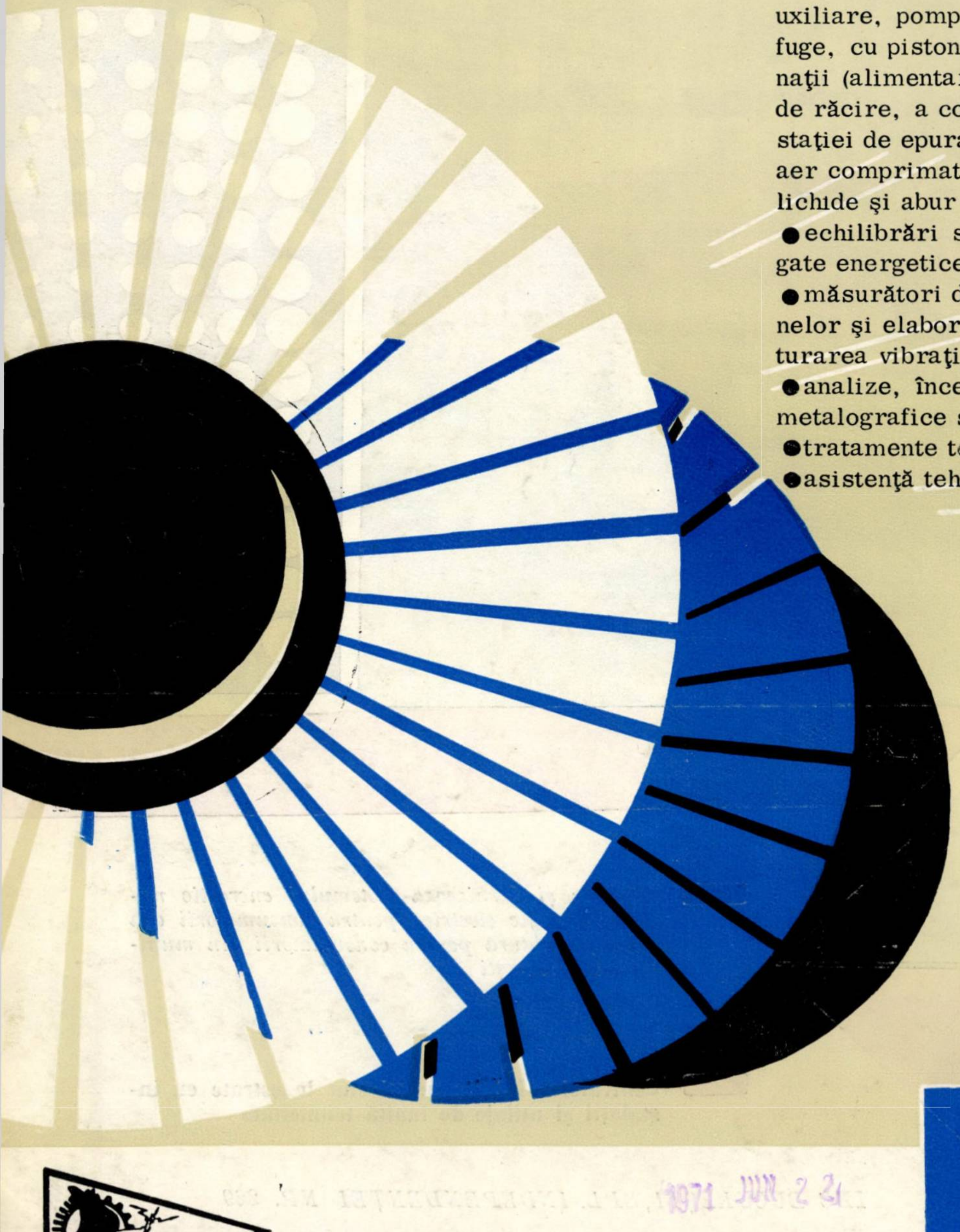
Centralele IEC București sînt înzestrate cu instalații și utilaje de înaltă tehnicitate

IEC BUCUREȘTI, SPL. INDEPENDENȚEI NR. 229

I.I.S. ENERGOREPARAŢII

EXECUTĂ URMĂTOARELE LUCRĂRI ŞI SERVICII:

- lucrări de reparaţii la turbine cu abur, turbine hidraulice. motoare cu ardere internă staţionare şi generatoare electrice de orice tip şi putere folosite în industria ţării;
- lucrări de reparaţii la instalaţiile auxiliare din centralele electrice: agregate auxiliare, pompe de diferite tipuri (centrifuge, cu piston, cu roţi dinţate) şi destinaţii (alimentare cazane, circulaţia apei de răcire, a condensatului, deservirea staţiei de epurare a apei etc.), staţii de aer comprimat, robinete şi vane pentru lichide şi abur etc.;
- echilibrări statice şi dinamice la agregate energetice;
- măsurători de vibraţii la paletele turbinelor şi elaborarea soluţiilor pentru înlăturarea vibraţiilor periculoase;
- analize, încercări, probe mecanice, metalografice şi chimice;
- tratamente termice;
- asistenţă tehnică, expertize.



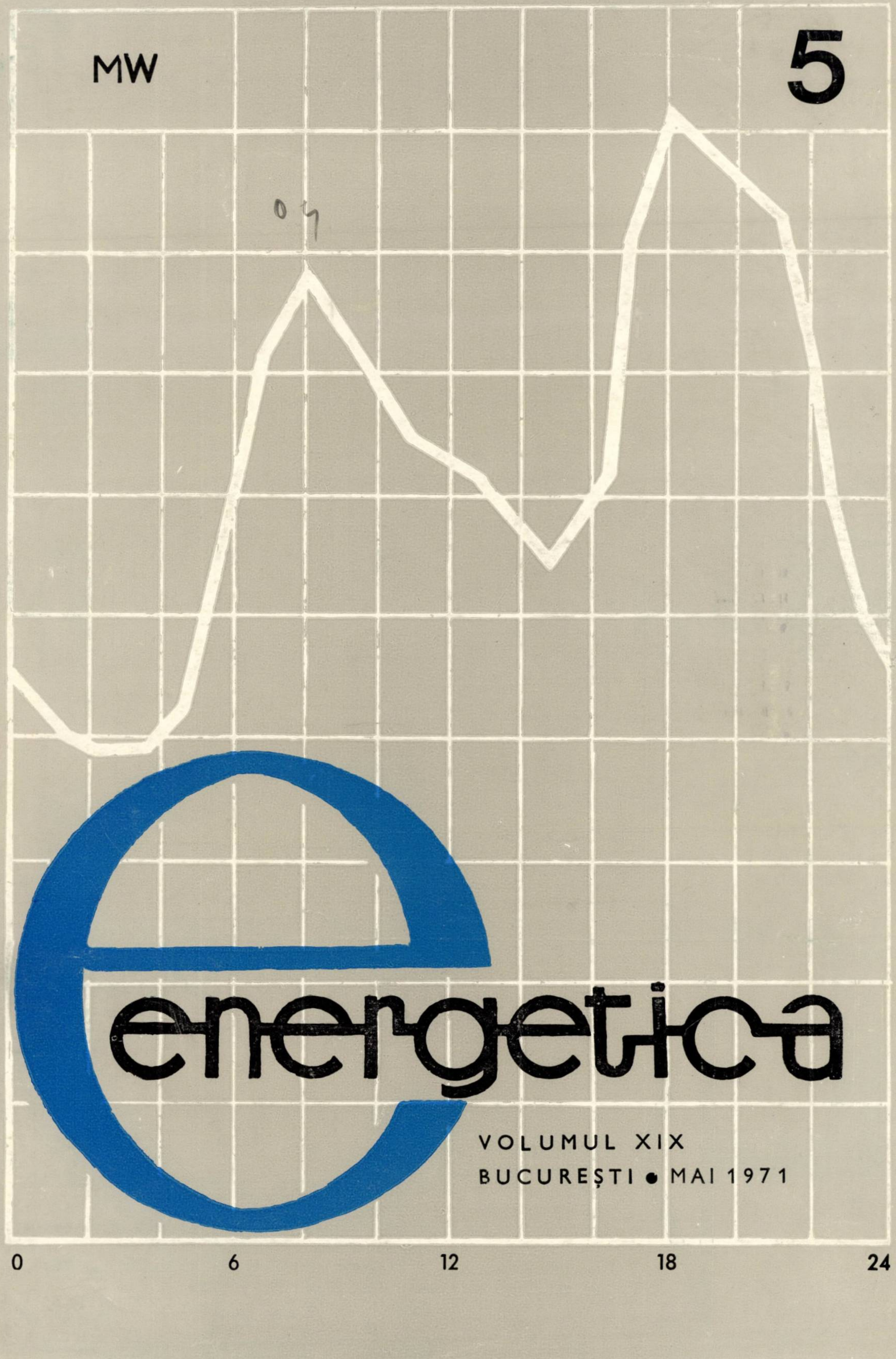
I.I.S. ENERGOREPARAŢII

BUCUREŞTI, SECTORUL 5
BD. MĂRĂŞEŞTI, Nr. 2,
TEL. 23.26.40

PROMETEU

1971 JUN 2 2

E 2039


MW
0
6
12
18
24

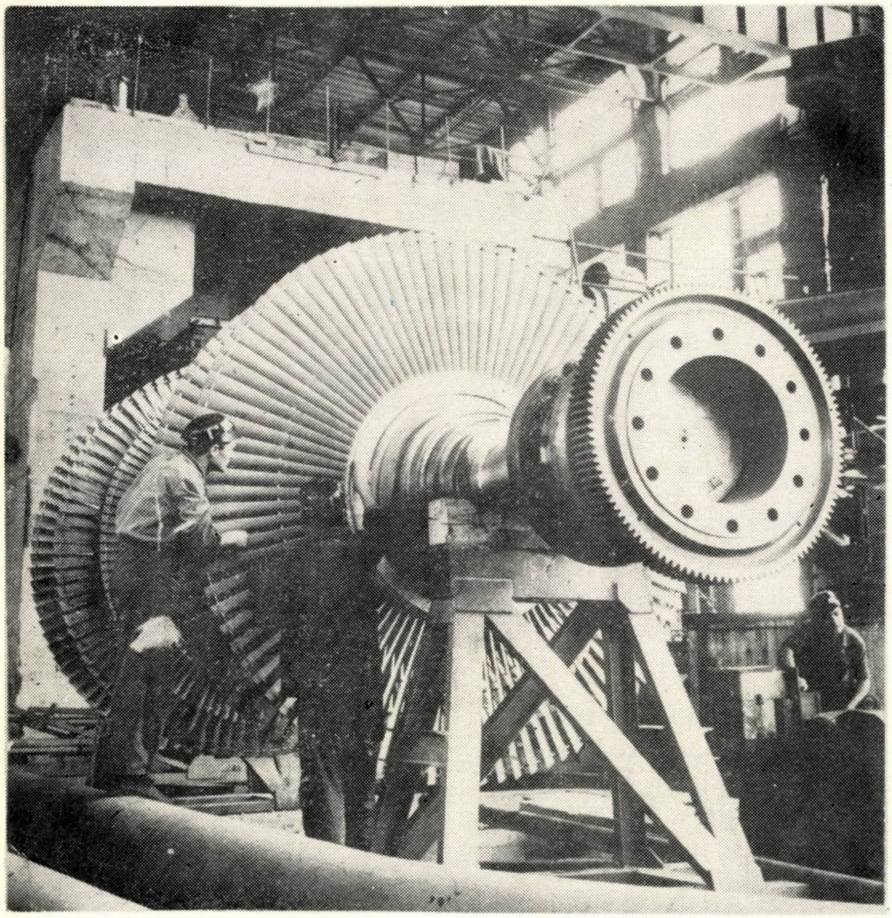
04

5

energetica

VOLUMUL XIX
BUCUREȘTI • MAI 1971

ÎNTREPRINDEREA
Energomontaj



EXECUTĂ LUCRĂRI DE MONTAJ
PENTRU CENTRALE ELECTRICE:

- Cazane de abur cu parametri ridicaţi, de la 500 t abur/h pînă la 640 t abur/h
- Turbine cu abur, de la 5 MW la 315 MW
- Turbine cu gaze
- Turbine hidraulice, de la 5,5 MW la 170 MW
- Compensatoare sincrone
- Instalaţii termomecanice auxiliare ale centralelor termoelectrice şi echipament hidromecanic
- Instalaţii electrice de joasă, înaltă şi foarte înaltă tensiune
- Instalaţii de măsură, control şi automatizare

ÎNTREPRINDEREA ENERGOMONTA
Calea Dorobanţilor 105

2039

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL
AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

ANUL [illegible] Nr. 5 Mai

Cuprinsul

Focşa, Vl. şi *Parhoti, E.* **Centrala hidroelectrică Porţile de Fier** 197–208

Marian, G. **Centrala electrică de termoficare Govora** 209–213

Predan, Fl. **Alimentarea optimă cu putere reactivă a unui consumator racordat într-un nod al sistemului electroenergetic** 213–218

Costin, E. şi *Rothman, A.* **Model matematic şi program pentru preliminarea repartizării teritoriale a consumului de energie electrică prin metoda Monte Carlo** 219–226

Kleps, I. **Codificarea activităţii de producţie în întreprinderile de construcţii-montaje energetice** 226–229

Thiess, H. **Din începuturile electrificării României** 230–236

CRONICĂ

COMITETUL DE REDACŢIE

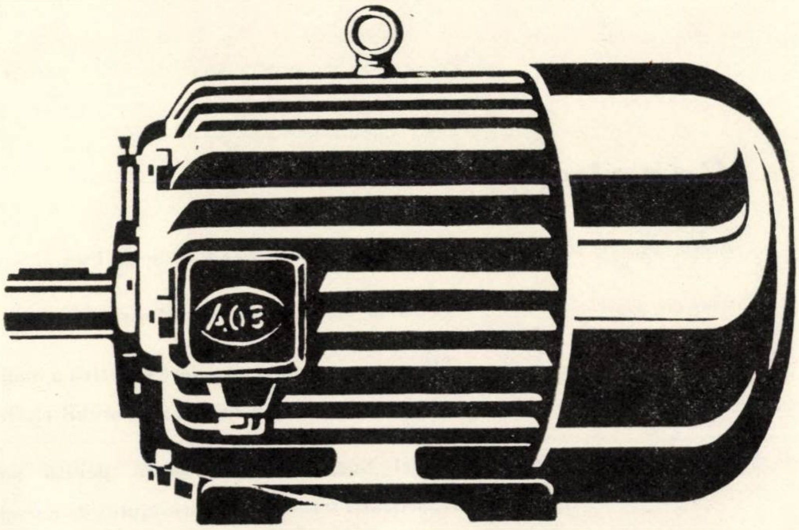
Prof. ing. I. D. STĂNCESCU, redactor responsabil, ing. Gr. IORGULESCU, redactor responsabil adjunct, conf. ing. I. A. BADEA, ing. ST. BERENGHI, conf. ing. A. COGĂLNICEANU, dr. ing. P. DIMO, membru corespondent al Academiei Republicii Socialiste România, laureat al Premiului de Stat, ing. H. FURTUNESCU, ing. P. IFTIME, ing. L. LUCA, ing. B. MARCU, dr. ing. A. MĂCRIŞ, conf. ing. C. MIHĂILEANU, conf. dr. ing. V. I. NIŢU, ing. A. SPÎNU, ing. R. ZANE

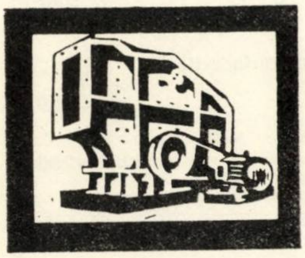
OFICIUL DE DOCUMENTARE ENERGETICĂ

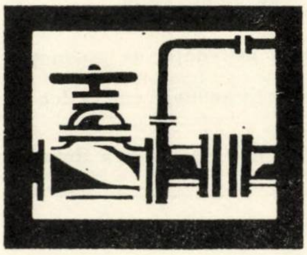
O SERIE NOUĂ DE MOTOARE ELECTRICE AO3, A3, AK3

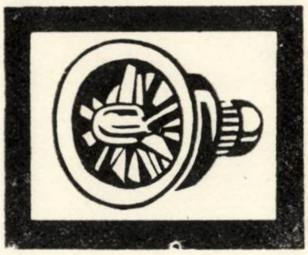
ENERGOMACHEXPORT LANSEAZĂ O GAMĂ NOUĂ DE MOTOARE TRIFAZATE CU ROTOR ÎN COLIVIE ŞI INELE COLECTOARE.

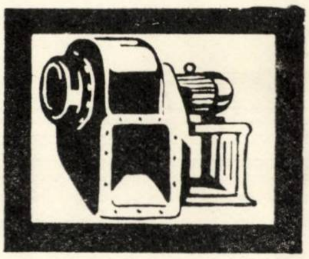
puterea — pînă la 500 kW
tensiunea — 220/380; 380/660 V
frecvenţa — 50 sau 60 Hz.











La cererea clientului, se pot livra la tensiuni de 230/400, 340/415 sau 500 V, pentru o frecvenţă de 50 Hz.

	Seria AO3 execuţie	Seriile A3, AK3 execuţie
	complet închisă 1R44	semiprotejată 1R22/23
Viteza de rotaţie, rot/min	Puterea, kW	Putere, kW
3000	160—400	160—500
1500	160—400	132—500
1000	110—315	110—315
750	90—250	90—250
600	55—160	55—160
500	45—132	45—132

Dacă clientul doreşte, motoarele cu inele colectoare pot fi furnizate cu reostat. Cotele de gabarit sînt conforme recomandărilor CEI.

Exportator:

ENERGOMACHEXPORT

Str. Mosfilmovskaia 35
Moscova V—330, U.R.S.S.
Telex 255

PUBLICOM

SOMMAIRE

CD 621.311.21

Focşa, Vl. et *Parhoti, E.* : **La centrale hydroélectrique des Portes de Fer**

Description de la construction et de l'équipement électromécanique. (Une présentation plus détaillée du Système hydroénergétique et de Navigation des Portes de Fer a été publiée par la revue ,,Energetica'' no. 12/1968).

Energetica 19 (1971), no. 5, p. 197 — 208

CD 621.311.22 : 697.34

Marian, G. : **La centrale à production combinée chaleur/force Govora**

Energetica 19 (1971), no. 5, p. 209 — 213

CD 621.316.727

Predan, Fl. : **L'alimentation optimum avec la puissance réactive d'un consommateur raccordé à un noeud du réseau national**

L'auteur examine un critérium pour le choix des emplacements des sources de puissance réactive nécessaires à la compensation des réseaux électriques. La méthode est appliquée au montage des condensateurs.

Energetica 19 (1971), no. 5, p. 213 — 218

CD 519 : 621.3 : 621.311.16

Costin, E. et *Rothman, A.* : **Modèle mathématique et programme pour prévoir la distribution territoriale de la consommation d'énergie électrique à l'aide de la méthode Monte Carlo**

Un modèle mathématique est proposé ici pour la distribution territoriale de la consommation d'électricité, basé sur la distribution de la consommation connue dans la dernière période de temps.

Energetica 19 (1971), no. 5, p. 219 — 226

CD 658.5: 621.31

Kleps, I. : **Codage de l'activité de production des entreprises de constructions et montages énergétiques**

L'auteur propose une méthode de codage aidant à l'identification des travaux de construction et montage.

Energetica 19 (1971), no. 5, p. 226 – 229

CD 621.31(498)

Thiess, H. : **Les commencements de l'électrification en Roumanie**

Quelques dates plus importantes sur le début et le développement avant la guerre, des installations électriques en Roumanie.

Energetica 19 (1971), no. 5, p230 – 236

CONTENTS

DC 621.311.21

Focşa, Vl. and *Parhoti, E.* : **The Iron Gates hydroelectric power plant**

This is a description of the construction and of the electrical and mechanical equipment. (A more detailed presentation of the Iron Gates Hydroenergetic and Navigation System has been published in ,,Energetica'' nr. 12/1967 and 1/1968).

Energetica 19 (1971), nr. 5, p. 197 – 208

DC 621.311.22 : 697.34

Marian, G. : **Govora combined heat and power production plant**

Energetica 19 (1971), nr. 5, p. 209 – 213

DC 621.316.727

Predan, Fl. : **The optimal supply of reactive power to a consumer linked to a power system node**

The author examines a criterium for the selection of locations for reactive power sources needed to equilibrate electric networks. The method is applied to the erection of condensers.

Energetica 19 (1971), nr. 5, p. 213 – 218

DC 519 : 621.3 : 621.311.16

Costin, E. and *Rothman, A.* : **Mathematical model and program for the forecast of the territorial distribution of power consumption by means of the Monte Carlo method**

A mathematical model is proposed for the territorial distribution of power consumption starting from the distribution of the known consumption during the latest period of time.

Energetica 19 (1971), nr. 5, p. 219 – 226

DC 658.5 : 621.31

Kleps,I. : **Codifying the production activity of the enterprises of building and assembly in energetics**

The author offers a codifying method leading to the identification of building and assembly works.

Energetica 19 (1971), nr. 5, p. 226 – 229

DC 621.31 (498)

Thiess, H. : **The beginnings of electrification in Romania**

Several interesting data about the pre-war beginning and development of electrical installations in Romania are gathered in this article.

Energetica 19 (1971), nr. 5, p. 230–236

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.311.21

Фокша, Вл. и *Пархоти, Е.:* **Гидроэлектростанция Железные Ворота**

Приводится описание строительной части и электромеханического оборудования. (Более подробное описание Гидроэнергетической и судоходной системы Железные Ворота было опубликовано в N° 12/1967 г. и N° 1/1968 г. журнала ,,Энергетика'').

Energetica 19 (1971), №. 5, стр. 197—208

ДК 621.311.22 : 697.34

Мариан, Г.: **Теплоэлектроцентраль Говора**

Energetica 19 (1971), №. 5, стр. 209 — 213

ДК 621.316.727

Предан, Фл.: **Оптимальное питание реактивной мощности потребителя, подключенного к узлу электроэнергетической системы**

Рассматриваются критерии выбора месторасположения источников реактивной мощности ввиду компенсации электрических сетей. Метод применяемый в связи с установкой конденсаторов.

Energetica 19 (1971), №. 5, стр. 213 — 218

ДК 519: 621.3 : 621.311.16

Костин, Э. и *Ротман, А.:* **Математическая модель и программа для предварительного территориального распределения потребления электроэнергии при помощи метода Монте Карло**

Предлагается математическая модель для территориального распределения потребления электроэнергии на основании известного потребления в предыдущем периоде.

Energetica 19 (1971), №. 5, стр.219 — 226

ДК 658.5 : 621.31

Клепш, И.: **Кодирование производственной деятельности на энергетических строительномонтажных предприятиях**

Автор предлагает способ кодирования, который должен обеспечить уточнение строительномонтажных работ.

Energetica 19 (1971), №. 5, стр. 226 — 229

ДК 621.31(498)

Тисс, Х.: **Начало электрификации Румынии**

Приводятся наиболее важные данные в связи с началом и довоенным развитием электроэнергетических установок Румынии.

Energetica 19 (1971), №. 5, стр.230 — 236

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.311.21

Foşca, Vl. und *Parhoti, E.:* **Das Wasserkraftwerk vom Eisernen Tor**

Beschreibung der Bauanlagen und der mechanischen und elektrischen Einrichtungen. (Eine ausführliche Darstellung der Wasserkraftanlagen und Einrichtungen für die Schiffahrt ist in der Zeitschrift Energetica Heft 12/1967 und 1/1968 erschienen).

Energetica 19 (1971), H. 5, S. 197 — 208

DK 621.311.22 : 697.34

Marian, G. : **Das Fernheizkraftwerk Govora**

Energetica 19 (1971), H. 5, S. 209 — 213

DK 621.316.727

Predan, Fl. : **Optimale Blindleistungsversorgung eines an das Landesverbundnetz angeschlossenen Teilnehmers**

Es werden Merkmale für die Wahl der Anlageorte von Einrichtungen für Erzeugung von Blindleistung in elektrischen Netzen. Das Verfahren wird im Zusammenhang mit der Montage von Kondensatoren angewendet.

Energetica 19 (1971), H. 5, S. 213 — 218

DK 519 : 621.3 : 621.311.16

Costin, E. und *Rothman, A.* : **Mathematisches Modell und Programm für Schätzung der gebietsweisen Verteilung des Verbrauchs elektrischer Energie an Hand des Monte Carlo-Verfahrens**

Ein Verfahren wird vorgeschlagen, für Ermittlung des gebietsweisen Verteilung des Verbrauchs, auf Grund der aus vorausgehend den Zeitfristen bekannten Lastverteilung.

Energetica 19 (1971), H. 5, S. 219 — 226

DK 658.5 : 621.31

Kleps, I.: **Kodezeichen für die Leistungen für Bau und Montage von Anlagen der Energieversorgung**

Der Verfasser schlägt Kodezeichen vor, welche eine systhematische Erfassung der Bau- und Montageleistungen gewährleisten soll.

Energetica 19 (1971), H. 5, S. 226 — 229

DK 621.31 (498)

Thiess, H. : **Die Anfänge der Elektrifizierung Rumäniens**

Es werden die wichtigsten Daten mit Bezug auf die Anfänge und die Entwicklung der Elektrizitätsversorgungsanlagen in Rumänien angeführt. Die Angaben erfassen eine bis zum zweiten Weltkrieg liegende Epoche

Energetica 19 (1971), H. 5, S. 230 — 236

Centrala hidroelectrică Porțile de Fier [*]

Ing. Vl. Focșa și
ing. E. Parhoti [**]

1. Generalități

În sectorul comun româno-iugoslav Porțile de Fier, Dunărea dispune de un potențial hidroenergetic excepțional, apreciat la peste 10 miliarde kWh în anul hidrologic mediu. Acest potențial se datorează, pe de o parte, debitelor mari (debitul mediu multianual la Orșova este de 5520 m^3/s, adică de aproximativ 5 1/2 ori mai mare decît cel al Rinului), iar pe de altă parte căderii de 34 m, concentrată în special pe sectorul Gura Văii — Moldova Nouă, denumit și sectorul cataractelor. Importanța potențialului hidroenergetic al fluviului este ilustrată elocvent de faptul că prin amenajarea unui metru de cădere pe Dunăre se poate obține o producție de energie electrică aproximativ egală cu cea a centralei hidroelectrice de la Bicaz sau a celei de la Argeș-Corbeni.

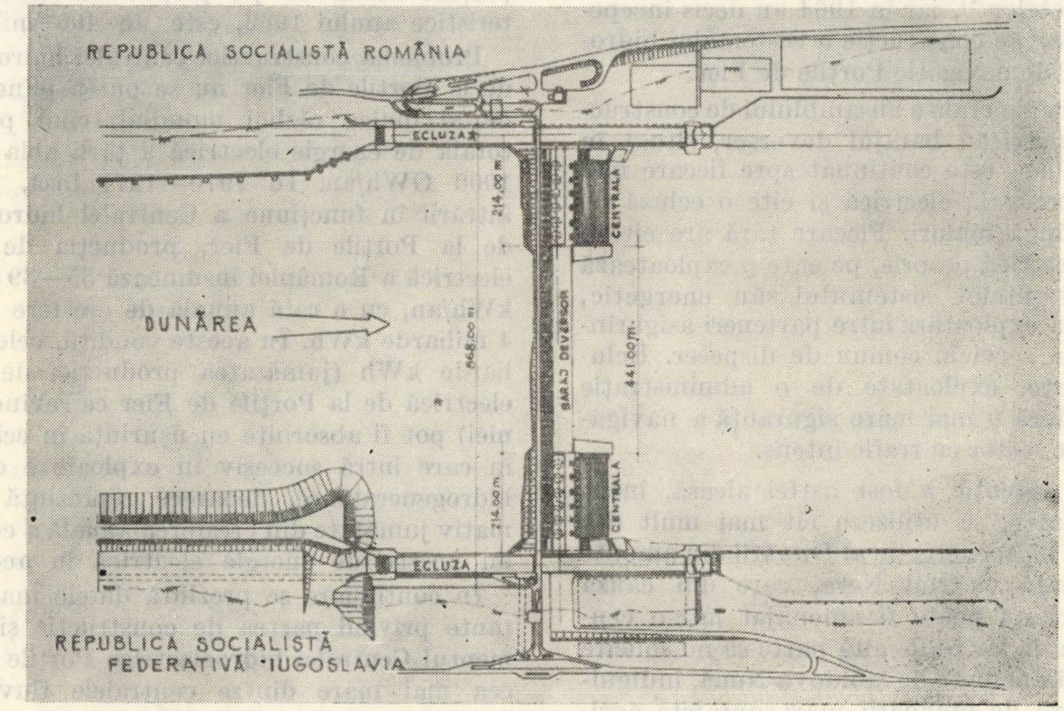


Fig. 1. Dispoziția generală a Sistemului hidroenergetic și de navigație Porțile de Fier.

---

[*] În perioada august-octombrie 1970 au intrat în funcțiune primele două hidroagregate de la Porțile de Fier. Acest articol descrie partea de construcție și echipamentul electromecanic al centralei electrice. În revista „Energetica" nr. 12/1967 și nr. 1/1968 au fost publicate prezentări mai amănunțite ale amenajării hidroenergetice de la Porțile de Fier, semnate de ing. Fl. Iorgulescu și ing. Vl. Focșa. De asemenea, în volumele III și IV din seria „Comunicări tehnico-științifice ISPH", dedicate centralei hidroelectrice de la Porțile de Fier, sînt prezentate in extenso unele părți de proiecte și probleme principale ale acestei amenajări.

[**] Ing. **Vlad Focșa** este șeful de proiect complex al Sistemului hidroenergetic și de navigație Porțile de Fier; ing. **Eugen Parhoti** este coordonatorul părții electromecanice a proiectului.

Valorificarea acestui potenţial într-o mare uzină hidroelectrică poate fi realizată în condiţii economice, deoarece, valea Dunării fiind relativ îngustă şi puţin populată, prin ridicarea nivelului nu se inundă suprafeţe întinse de teren preţios sau bunuri deosebit de importante.

Pe sectorul Porţile de Fier, înainte de amenajare, navigaţia întîmpina cele mai mari dificultăţi de pe tot parcursul fluviului, ceea ce atrăgea după sine limitarea traficului anual la circa 14—15 milioane tone capacitate. Singura soluţie de înlăturare radicală a dificultăţilor de navigaţie o constituia construirea unui baraj şi, prin aceasta, crearea unui lac de acumulare. Din punct de vedere economic, această soluţie era rentabilă numai prin participarea în comun a celor doi beneficiari, energetica şi navigaţia, contribuţia navigaţiei la investiţii urmînd să fie mai redusă, corespunzător posibilităţilor sale şi avantajelor concrete pe care i le oferea această investiţie.

Apreciind că amenajarea sectorului comun româno-iugoslav al Dunării din zona Porţile de Fier corespunde intereselor economice ale ţărilor lor, în anul 1957 guvernele român şi iugoslav au hotărît începerea studiilor şi elaborarea proiectelor *), iar în 1964 au decis începerea lucrărilor de construcţie a Sistemului hidroenergetic şi de navigaţie Porţile de Fier.

Dispoziţia generală a ansamblului de construcţii este simetrică: barajul deversor, situat în mijlocul albiei, este continuat spre fiecare mal cu cîte o centrală electrică şi cîte o ecluză de navigaţie lîngă maluri. Fiecare ţară are cîte o centrală electrică proprie, pe care o exploatează potrivit cerinţelor sistemului său energetic, coordonarea exploatării între parteneri asigurîndu-se de un serviciu comun de dispecer. Ecluzele separate, exploatate de o administraţie mixtă, conferă o mai mare siguranţă a navigaţiei în acest sector cu trafic intens.

Cota de retenţie a fost astfel aleasă, încît, pe de o parte, să utilizeze cît mai mult din potenţialul hidroenergetic al Dunării din amonte de confluenţa cu rîul Nera, care din cauza căderii mici nu poate fi amenajat într-o centrală separată, iar pe de altă parte să nu solicite prea mult, în amonte de Moldova Nouă, îndiguirile ce apără de inundaţii mari suprafeţe agricole. A fost adoptată o cotă de retenţie mai ridicată la ape mici (pînă la 69,5 mdMA**)) ale căror inundaţii sînt mai reduse, mărind astfel efectul energetic, şi mai coborîte la debite mari (pînă la 63,0 mdMA) pentru a limita inundările în amonte.

Punctul de control pentru nivelul de retenţie este fixat la vărsarea rîului Nera, unde nivelul apei nu trebuie să depăşească 68,0 mdMA; în viitor este prevăzută o analiză a posibiltăţilor de a menţine, la Nera, un nivel de 69,5 m.

În condiţiile menţionate, calculele energetice şi economice de detaliu au stabilit următorii parametri generali ai amenajării :

— debitul instalat	8 700 m^3/s
— căderea (variabilă)	21—34 m
— puterea maximă disponibilă (în 12 hidroagregate de 175 MW, cîte 6 în fiecare dintre cele două centrale)	2 100 MW
— puterea disponibilă garantată	1 387 MW
— producţia de energie electrică	10 650 GWh în anul hidrologic mediu, din care 6 200 GWh energie de bază şi 4 450 GWh energie de semivîrf şi de vîrf.

Mărimea totală a investiţiei, calculată cu preţuri medii de pe pieţele europene caracteristice anului 1962, este de 400 milioane $.

Problema construcţiei centralei hidroelectrice de la Porţile de Fier nu se putea pune înainte de al doilea război mondial, cînd producţia totală de energie electrică a ţării abia depăşea 1000 GWh/an. În 1970—1971 însă, perioada intrării în funcţiune a Centralei hidroelectrice de la Porţile de Fier, producţia de energie electrică a României însumează 35—39 miliarde kWh/an, cu o rată anuală de creştere de peste 4 miliarde kWh. În aceste condiţii, cele 5,3 miliarde kWh (jumătatea producţiei de energie electrică de la Porţile de Fier ce revine României) pot fi absorbite cu uşurinţă în cei doi ani în care intră succesiv în exploatare cele şase hidrogeneratoare, deoarece reprezintă aproximativ jumătate din creşterea anuală a consumului nostru de energie electrică în aceşti ani.

În continuare se prezintă datele mai importante privind partea de construcţie şi echipamentul Centralei hidroelectrice Porţile de Fier, cea mai mare dintre centralele fluviale din Europa (exceptînd U.R.S.S.).

2. Centrala electrică — partea de construcţii

Peretele amonte al centralelor electrice completează frontul general de retenţie pe cîte 210 m spre fiecare mal şi este dimensionat să preia presiunea de calcul de 42 m coloană de apă. Acoperişul centralei se ridică pînă la cota 75,65 mdMA, cu 6 m peste nivelul maxim de retenţie (de 69,5 mdMA).

---

*) Proiectele au fost elaborate în comun de Institutul de studii şi proiectări hidroenergetice (I.S.P.H.) din Bucureşti şi Institutul „Energoprojekt" din Belgrad.

**) mdMA = metri deasupra Mării Adriatice.

Pentru buna funcţionare cu randament foarte ridicat a turbinelor Kaplan, fundaţia aspiratorului a trebuit să fie coborîtă la o adîncime egală cu aproximativ 3,5 diametre ale rotorului (3 × 9,5 m = 28,5 m), respectiv pînă la cota 1,80 mdMA. În acest fel înălţimea totală de construcţie a centralei electrice măsoară 74 m, reprezentînd un record pentru centralele hidroelectrice de tip fluvial.

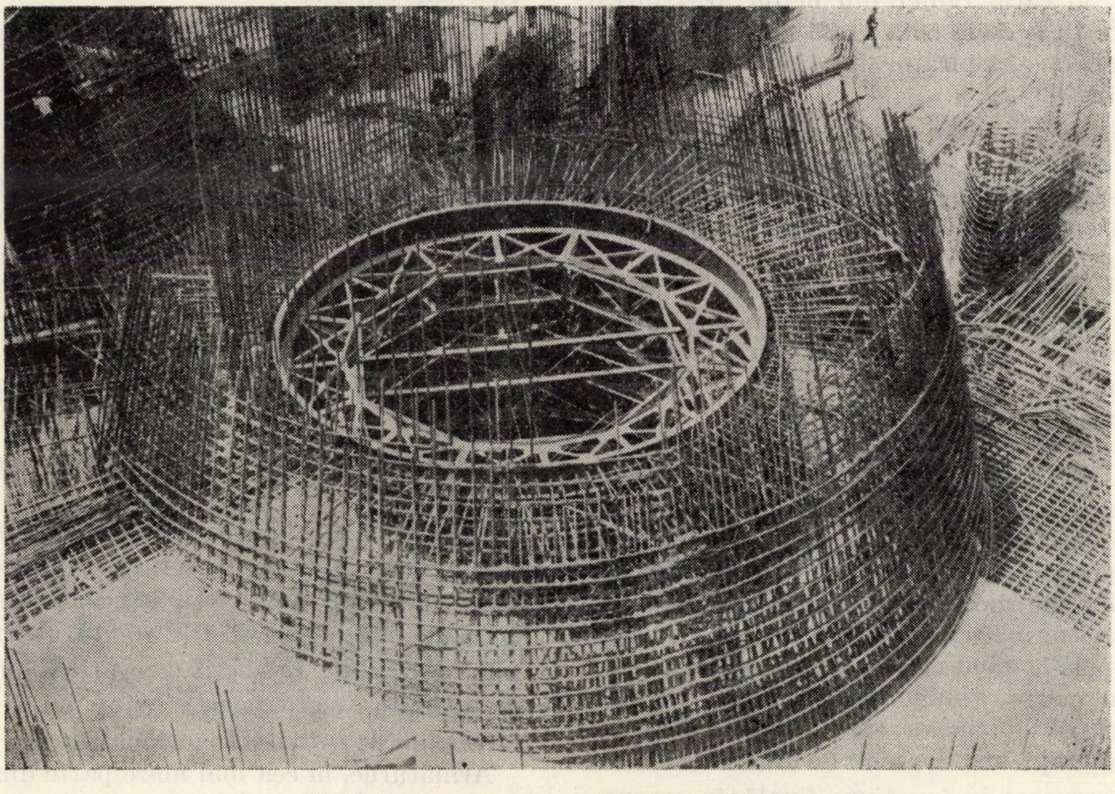


Fig. 2. Armarea conului aspiratorului turbinelor.

În amonte, priza de apă a turbinelor are pragul la cota 26,0 mdMA şi se dezvoltă pînă la cota 72,5 mdMA, cu 2 m peste retenţia maximă. Privită din faţă, priza este împărţită pentru fiecare turbină în două compartimente, printr-o pilă intermediară verticală. Pilele prizei, atît cele intermediare cît şi cele laterale, sînt deosebit de suple, avînd, pentru înălţimea de 46 m, o grosime de numai 4 m. Pentru preluarea eforturilor foarte mari, date de împingerea apei numai dintr-o parte a pilei (cînd o turbină este în funcţiune şi cea alăturată golită pentru revizie), structura de beton a fost puternic armată.

Faţă de peretele din amonte al sălii maşinilor, pilele avansează în lac cu 29 m. Pe pilele centralei se reazemă tablierul podului şoselei, care, trecînd peste baraj, uneşte cele două maluri.

Sala maşinilor are deschiderea de 25,0 m. Structura peretelui din aval este din stîlpi metalici dispuşi la distanţe de 15 m, legaţi prin grinzi metalice la trei nivele. Acest schelet metalic susţine atît acoperişul, cît şi peretele aval. Acoperişul este realizat ca o reţea spaţială din tuburi metalice, formînd o construcţie suplă, estetică şi economică. În locaşuri prevăzute la partea superioară a acestei reţele metalice au fost montate plăci prefabricate din beton, peste care s-au aşezat straturile de izolaţie termică şi hidrofugă. Peretele aval are înălţimea de 24 m, este construit din mari panouri prefabricate, pretensionate, în formă de T, din beton aparent. Panourile sînt decalate în front unul faţă de celălalt, în spaţiul liber dintre ele fiind montate, pe toată înălţimea, ferestre metalice orientate perpendicular pe faţadă.

Deasupra aspiratoarelor, pe o distanţă de 30 m de la faţada centralei, se dezvoltă pe cinci nivele aşa-numita anexă-aval în care sînt instalate diferitele gospodării şi instalaţii anexe ale centralei electrice. Deasupra, în aer liber, pe o platformă la cota 48,20 mdMA, sînt amplasate transformatoarele de forţă de 15,75/242 kV şi 190 MVA.

Lăţimea totală a centralei, inclusiv priza şi aspiratorul, măsoară 84 m. În aval de aspirator continuă, pe o distanţă de 64 m, bazinul de liniştire, al cărui radier din beton urcă într-o pantă de 1 : 8, de la cota 11,35 mdMA (radierul la terminarea aspiratorului) pînă la nivelul albiei fluviului.

În plan, centrala este alcătuită din trei blocuri cu front de 60—64 m, în fiecare din ele fiind instalate cîte două turbine. Un al patrulea bloc, blocul de montaj, lat de 20 m, face legătura cu ecluza, care este fundată mult mai sus (la cota 18 mdMA, faţă de centrală, fundată la cota 1,8 mdMA). Blocul de montaj are în interiorul sălii maşinilor o platformă la nivelul 48,20 mdMA, care serveşte pentru operaţiile de montaj sau de revizie a agregatelor. În partea din amonte a acestui bloc sînt amplasate, pe şase nivele, o serie de anexe ale centralei (ateliere, depozite etc.). La nivelul cel mai de jos este instalată staţia de pompare a apelor de infiltraţie şi a celor colectate de drenuri. Sub blocul de montaj sînt trei goliri de fund de cîte 8,8 m înălţime şi 5,0 m lăţime, care pot evacua pînă la 2300 m³/s ; viteza apei în golirile de fund poate ajunge la 17 m/s. Datorită complexităţii eforturilor, calculul static al blocului de montaj a fost deosebit de dificil.

După punerea în funcţiune finală, în amonte rămîne vizibilă numai partea superioară a centralei, cu capitelul pilelor şi tablierul podului. Din aval va rămîne vizibilă întreaga faţadă a centralei deasupra platformei transformatoarelor ; la debite mici, nivelul apei în aval este de circa 12 m sub această platformă.

Accesul de pe mal la centrală se face pe un drum ce trece peste capul aval al ecluzei şi, continuînd pe bajoaierul dinspre apă, ajunge pe platforma transformatoarelor.

Un al doilea acces la centrală, pentru maşini şi pietoni, este realizat printr-un pod-tunel, care, trecînd de pe mal peste ecluză, ajunge la blocul de montaj. Prin alte compartimente ale podului-tunel trec cablurile serviciilor interne, cablurile de comandă pentru centrală şi ecluză şi conductele de ulei.

Pe mal, o clădire-turn cu şapte nivele adăposteşte blocul de comandă al centralei, birourile şi sălile de recepţie.

Volumele de lucrări la centrala electrică de pe malul stîng au cuprins : 760 000 m³ excavaţii în aluviuni ; 780 000 m³ excavaţii în stîncă ; 510 000 m³ betoane şi 45 000 tone de oţel-beton în armături. Betoanele au fost armate în medie cu peste 90 kg/m³ fier-beton, ceea ce reprezintă un procent deosebit de ridicat. Acest procent arată că, deşi secţiunile elementelor din beton armat sînt apreciabile, ele rămîn totuşi suple faţă de solicitările foarte mari la care sînt supuse.

Excavaţiile au fost executate cu excavatoare de 2,5 m³ şi autobasculante de mare capacitate (12 t şi 27 t). Taluzurile foarte înclinate ale gropii de fundaţie de mare adîncime au fost în parte torcretate şi uneori susţinute prin ziduri de sprijin pentru a se menţine în timp.

Betonul a fost adus cu autobasculante de 12 t de la instalaţiile centrale ale şantierului pentru prepararea betonului, basculat în bene, care erau ridicate cu macaralele, şi pus în operă. Au fost utilizate opt macarale de 400 tm, cu braţ de 40 m (tip BKSM — U.R.S.S.) ; macaralele se deplasau în amonte şi în aval de construcţie pe căi fixe, paralele cu axul barajului.

Betoanele, turnate în lamele cu grosimea de 2 m, precum şi procesul de turnare au corespuns unor riguroase prescripţii şi controale pentru betoane hidrotehnice (rezistenţă, permeabilitate, gelivitate, respectiv pregătirea suprafeţei de turnare, temparatura betonului, vibrarea, intervalul de turnate a lamelelor succesive etc.).

Armăturile, în cea mai mare parte din oţeluri de mare rezistenţă (OL—50), au fost aduse în plase şi carcase de la atelierul de armături. Totuşi, datorită complexităţii de forme şi poziţii, precum şi desimii armăturii, foarte multe bare au trebuit să fie montate bucată cu bucată, ceea ce a reprezentat importante dificultăţi, precum şi un consum considerabil de timp şi manoperă.

Cofrajele din panouri metalice au putut fi montate cu uşurinţă şi au asigurat un aspect exterior plăcut.

Centrala de pe malul român a fost construită în prima fază de deviere a apelor. După execuţia batardoului din faza I, în luna mai 1966 a început desecarea incintei închisă de batardou, iar în trimestrul III al aceluiaşi an au început excavaţiile la centrală. Betonarea a durat trei ani şi jumătate, încheindu-se în trimestrul IV al anului 1970. Ultimele lucrări de finisaj se execută în mare parte după terminarea montajului.

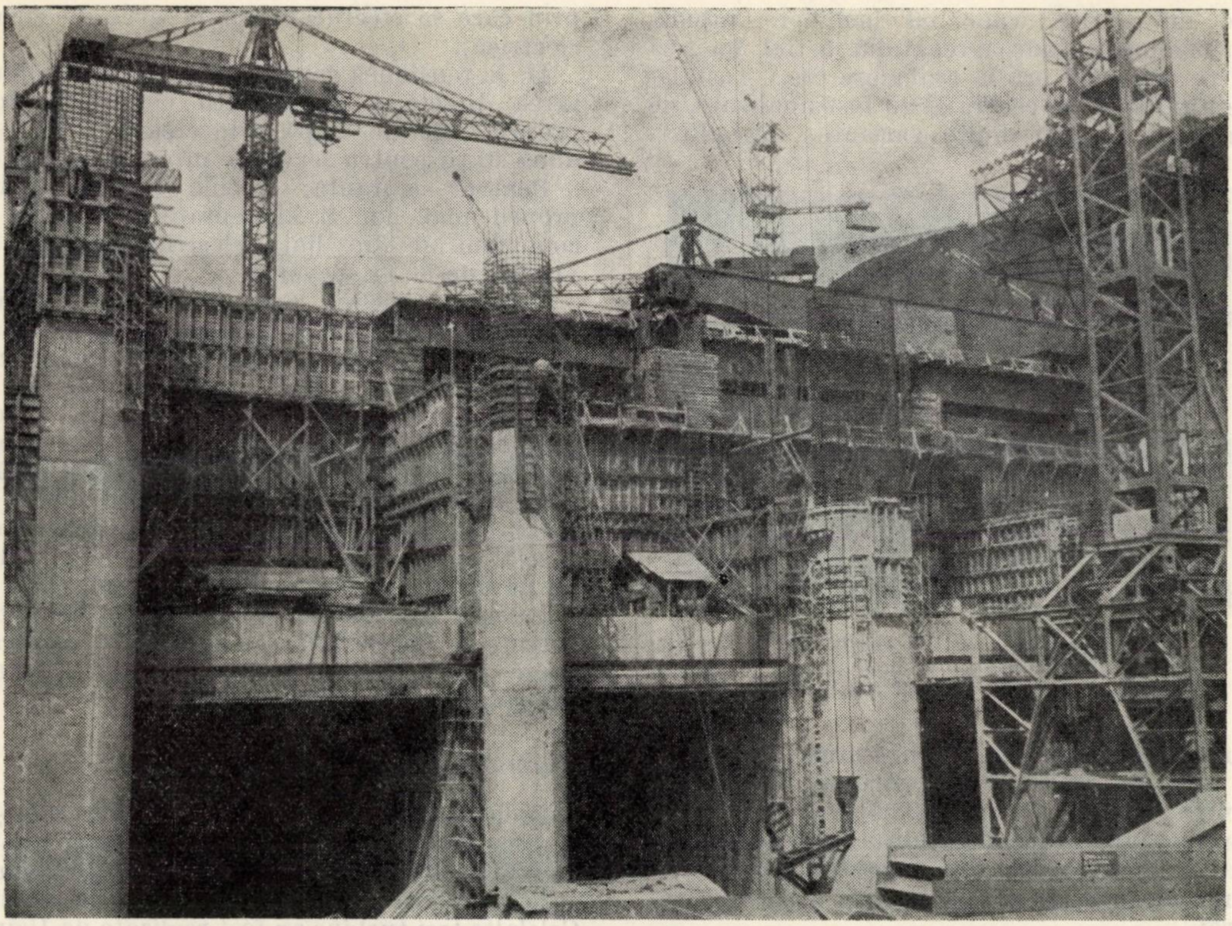


Fig. 3. Centrala electrică, fază de construcţie.

3. Echipamente

Concepţia de echipare şi instalaţiile electromecanice principale

Concepţia de echipare şi alegerea echipamentelor de forţă, a instalaţiilor mecanice auxiliare, a instalaţiilor electrice şi de automatizare, precum şi proiectele instalaţiilor tehnologice electromecanice ale centralei au fost realizate de I.S.P.H. — Bucureşti în colaborare cu Energoprojekt din Belgrad.

Fiecare dintre cele două centrale (română şi iugoslavă), cu o putere instalată de 2 ×1050 MW, este echipată cu cîte şase hidroagregate cu turbine Kaplan verticale de putere unitară 175 MW, racordate la transformatoare-bloc de 190 MVA.

Alegerea tipului şi numărului de hidroagregate, a diametrului rotorului, a dimensiunilor părţii de scurgere a turbinei (camera spirală, aspirator etc.), a soluţiilor constructive ale echipamentului de forţă, a schemelor funcţionale ale instalaţiilor mecanice, electrice şi de automatizare etc. a format obiectul unor studii tehnico-economice amănunţite pentru ca soluţiile alese să corespundă parametrilor amenajării, necesităţilor de exploatare şi posibilităţilor de fabricaţie cu costuri şi cu importuri cît mai reduse. Astfel, echiparea centralelor a fost studiată în mai multe variante, cu diferite numere de hidroagregate, numărul ales — şase — fiind optim din punct de vedere tehnic, economic şi energetic, ţinînd seama totodată şi de posibilităţile tehnice de fabricaţie şi de parametrii-limită ai unor subansamble (butuc rotor turnat brut 120 t, sarcina pe lagărul axial de 3500 t, arbore unitar de 92 t şi circa 10 m lungime etc.). S-au mai studiat în diferite variante, de asemenea, diametrul rotorului turbinei, adîncimea aspiratorului, gabaritele camerei spirale, alegîndu-se dimensiunile optime din punct de vedere economic şi funcţional (pentru agregat). Analize similare s-au făcut şi pentru alegerea celor mai avantajoase valori pentru parametrii generatorului (reactanţe etc.) şi ai transformatorului de forţă. Pentru instalaţiile auxiliare, sistemul de excitaţie s-a studiat în variantele ionică şi cu tiristori, iar regulatorul de viteză este dotat cu amplificatoare magnetice, are o mare sensibilitate şi permite realizarea a patru variante de schemă în exploatare. Sistemele de reglaj şi de protecţie ale agregatului la supraturaţie şi suprapresiuni nedorite au făcut obiectul unor analize speciale, luîndu-se măsuri suplimentare (grup de avarie de ulei sub presiune, dublarea ventilului pentru închidere de avarie, vane cu închidere rapidă, dimensionarea hidroagregatului astfel încît să reziste circa 1/2 oră la ambalare etc.). Instalaţiile auxiliare ale centralei au fost analizate, de asemenea, în mai multe variante, alegîndu-se

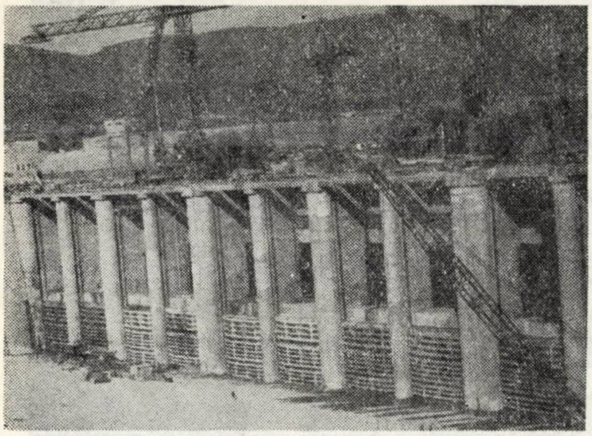


Fig. 4. Centrala electrică, fază de construcţie, vedere din aval (august 1969) imediat înainte de inundarea incintei în care s-a executat la uscat construcţia.

soluţiile cele mai sigure (alimentarea individuală cu apă de răcire a agregatului), economice (răcirea cu apă a transformatorului), comode în exploatare (staţie centralizată de epuismente şi de evacuare a apei din aspirator, gospodărie de ulei centralizată pentru turbine şi transformatoare).

Instalaţia de evacuare a apei din partea de scurgere a turbinelor este centralizată unic, fiind amplasată în blocul de montaj, sub golirile de fund.

O atenţie deosebită a fost acordată siguranţei de alimentare a serviciilor proprii ale centralei şi a hidroagregatelor, prevăzîndu-se rezerve suficiente şi din surse diferite. Pornirea şi oprirea se pot face local sau de la distanţă, din camera de comandă. Hidroagregatele pot fi încărcate, individual sau în grup, prin repartitorul de putere al centralei. Supravegherea funcţionării automate a agregatelor şi instalaţiilor auxiliare se poate face de la faţa locului sau din camera de comandă, iar înregistrarea datelor se face automat cu maşina de producţie românească DL 200.

Schema electrică generală a centralei prevede legarea în sistem bloc a fiecărui generator cu un transformator. Curentul emis în 15,75 kV de hidrogenerator este ridicat de transformator la 220 kV şi condus pe barele de 220 kV ale staţiei de conexiuni, de pe care pot porni şase linii aeriene.

Cu ajutorul autotransformatoarelor, tensiunea este ridicată de la 220 la 400 kV. De la barele de 400 kV ale staţiei de conexiuni pot porni patru linii aeriene sub 400 kV (una face legătura cu staţia de conexiuni de pe malul iugoslav, prin care se efectuează schimburile de energie electrică).

De la tensiunea generatoarelor se face alimentarea directă a două staţii pentru serviciile proprii generale, după reducerea la 6 kV, şi a două staţii pentru serviciile proprii sub 0,4 kV.

Pentru siguranţă, staţiile pentru servicii proprii mai pot fi alimentate din staţia de conexiuni şi din linia electrică aeriană sub 110 kV de la Tr. Severin.

Pentru curăţirea apei, închiderea admisiei apei pentru operaţii de montaj, revizii şi reparaţii, s-au prevăzut echipamente hidromecanice şi instalaţii de ridicat suficiente pentru un montaj rapid şi o exploatare comodă. Accesul personalului de exploatare şi al echipamentelor în centrală se poate face direct pe şosea pînă la platforma de montaj; echipamentele grele pot fi aduse pe calea ferată pe o platformă exterioară special amenajată, situată pe mal lîngă ecluza de navigaţie; echipamentele se transportă din vagoanele de cale ferată în centrală cu poduri rulante de 400/80/10 t, sau la priză cu macarale-capră de 160/50 t, care deservesc platforma exterioară trecînd peste ecluză.

Turbinele hidraulice

Proiectarea şi execuţia a trei dintre cele şase turbine din centrala electrică a părţii române au fost efectuate de uzinele LMZ din Leningrad, care au oferit şi asistenţa tehnică la montaj. Celelalte trei turbine au fost realizate de Uzinele constructoare de maşini Reşiţa (cu concursul institutului de proiectare de specialitate, ICPEHR), care au primit piesele mari turnate de la UMGB (Uzina de maşini grele Bucureşti). O problemă deosebit de dificilă a constituit-o turnarea butucului rotorului în greutate brută de 120 t, necesitînd 150—160 t oţel lichid; turnarea s-a făcut utilizînd concomitent cele patru cuptoare electrice, două de 60 t/şarjă şi două de 10 t/şarjă.

Asimilarea construcţiei la UCMR a hidroagregatelor s-a putut realiza pe baza tehnicităţii recunoscute a acestei mari uzine româneşti şi prin dotarea specială cu maşini moderne de mare anvergură, cum sînt strungul carusel de prelucrat piese pînă la diametre de 18—20 m, maşina de copiat pale rotorice tip Inochenti etc.

Dotarea şi capacitatea tehnică actuală a UCMR, nivelul tehnic al institutului de specialitate ICPEHR şi posibilităţile altor unităţi industriale româneşti cu care poate colabora o fac în momentul de faţă capabilă să execute o gamă completă de turbine de orice tip şi mărime.

Turbinele utilizate la Centrala hidroelectrică Porţile de Fier vor funcţiona în două etape. În prima etapă (provizorie), în care centralele sînt încă parţial în curs de construcţie şi montaj, nivelele în lac sînt coborîte, cuprinse între 52,5 şi 55 m, iar căderile variază între 10 şi 17,5 m, în funcţie de debitele Dunării. În a doua etapă, cea definitivă, nivelele în lac ajung la cotele finale, dar, datorită condiţiei de menţinere a unei cote constante la Nera (la început 68, iar în viitor 69,5 mdMA), nivelele vor varia corespunzător debitelor fluviului. Oscilaţia nivelelor din aval de centrală depinde de variaţia debitelor uzinate, valoarea maximă a variaţiei zilnice depăşind 4 m (la debite afluente de 5000—6000 m^3/s). Variaţiile maxime zilnice ale căderii pot măsura pînă la circa 5,5 m (la debite afluente de 5000—6000 m^3/s).

Pornind de la condiţia specială a variaţiilor mari de căderi ale apei, s-au studiat dimensiunile şi forma părţii de scurgere, precum şi modelul rotorului turbinei hidraulice, obţinîndu-se în final turbina cu parametrii cei mai indicaţi regimurilor de funcţionare prevăzute.

Datele tehnice mai importante ale turbinei sînt următoarele:

Tipul	Kaplan cu ax vertical
Căderea, m:	
— maximă	35,46
— maximă de funcţionare	34,05
— de calcul al puterii	27,16
— minimă de funcţionare în etapa definitivă	21,60
— de funcţionare în etapa provizorie	10—18
Puterea turbinei (garantată), kW:	
— la căderi între 27,16 şi 35,46 m	178 000
— la căderea de 21,60 m	140 000
Puterea turbinei (informativă), la căderi provizorii între 10 şi 17 m, kW	40 000—100 000
Turaţia, rot/min:	
— nominală	71,5
— maximă la ambalare, cu menţinerea legăturii combinatorii	150
— maximă la ambalare, cu ruperea legăturii combinatorii	180
— maximă teoretică, cu ruperea legăturii combinatorii (la căderea maximă şi debitul corespunzător căderii minime)	210
Randamentul (garantat), %:	
— maxim	94
— mediu aritmetic la încărcări de 60; 80 şi 100% şi căderea de calcul	93,3
— la puterea nominală	92,7
Diametrul rotorului, m	9,5
Numărul palelor rotorice	6
Numărul palelor directrice	32
Înălţimea palelor directrice, m	3,56
Dimensiunile camerei spirale, m:	
— lăţimea în plan	25
— înălţimea	14,86
— grosimea pilei intermediare	3
Unghiul de desfăşurare al camerei spirale	225°
Dimensiunile aspiratorului, m:	
— lăţimea în plan	25
— lungimea în plan	42
— adîncimea	25,6
— grosimea pilei intermediare	2,5
— contrapanta radierului	7,5°
Forţa axială a apei	2200 t
Greutăţi, t:	
— rotorul	361
— aparatul director	512
— arborele	92
— statorul	145
— greutatea totală a turbinei (exclusiv piesele de rezervă)	1405
— cea mai mare greutate de montaj (rotor fără capac)	340 t
— cea mai mare greutate de transport (butucul rotorului)	90 t

Turbina este cuplată direct cu generatorul trifazic. Soluţiile constructive ale turbinei, elaborate în variante şi alese în urma unor studii detaliate, asigură o construcţie simplă, modernă, sigură în exploatare, cu parametrii energetici optimi. Turbina este de construcţie sudată. Arborele este comun pentru turbină şi generator, cu etanşare de tip frontal cu segmenţi cu cărbune. Aparatul director este acţionat de două servomotoare cu acţiune dublă, amplasate pe capac. Rotorul are şase pale reglabile din oţel inoxidabil, iar camera rotorului este din bimetal inoxidabil.

În sistemul de reglaj cu presiunea uleiului de 40 at este prevăzut un regulator de tip electrohidraulic, care asigură posibilitatea reglajului în grup al tuturor turbinelor. Regulatorul constituie un sistem combinat de reglare, compus din două părţi principale: electrică şi hidraulică.

Elementele sensibile şi de variaţie a turaţiei, preamplificarea etc., realizate cu circuite electrice şi electronice, permit sensibilităţi superioare şi posibilitatea de asigurare a reglării turaţiei şi a puterii active, în funcţie de mai mulţi parametri: cădere, nivelul apei în amonte şi aval de centrală, încărcarea hidroagregatului, indicaţiile instalaţiei de reglare în grup a hidroagregatelor etc. Un element caracteristic al regulatorului de tip EGRK adoptat este legătura inversă, elastică (izodromică), care asigură funcţionarea stabilă a întregului sistem de reglare a vitezei şi realizează o sporire a timpilor de închidere şi deschidere a aparatului director.

Creşterea turaţiei agregatului nu depăşeşte 46% la descărcări de 100%, 28% la descărcări de 50% şi 14% la descărcări de 25%. La închiderea turbinei cu ventilul de avarie, prin treapta de 115% din turaţia nominală, turaţia agregatului nu depăşeşte 170% din cea nominală. Zona de insensibilitate a întregului sistem de reglaj este de ±0,03%.

Pentru a evita cavitaţia şi pentru a asigura o funcţionare optimă a combinatorului regulatorului, s-a prevăzut o instalaţie de limitare a puterii turbinei, în funcţie de nivel şi de cădere, în regimurile nedorite; pentru obţinerea unor randamente bune la toate căderile s-a prevăzut o instalaţie de corectare a ramei combinatorice în funcţie de cădere.

Ţinînd seamă de puterea unitară şi de dimensiuni, turbinele de la Porţile de Fier se situează printre cele mai mari turbine Kaplan construite în lume.

Hidrogeneratoarele

Proiectarea hidrogeneratorului și execuția a trei dintre cele șase ale centralei electrice a părții române s-au efectuat la uzinele ,,Elektrosila'' din Leningrad, care a oferit și asistență tehnică la montaj. Celelalte trei hidrogeneratoare au fost construite de UCM Reșița cu concursul institutului de specialitate ICPEHR.

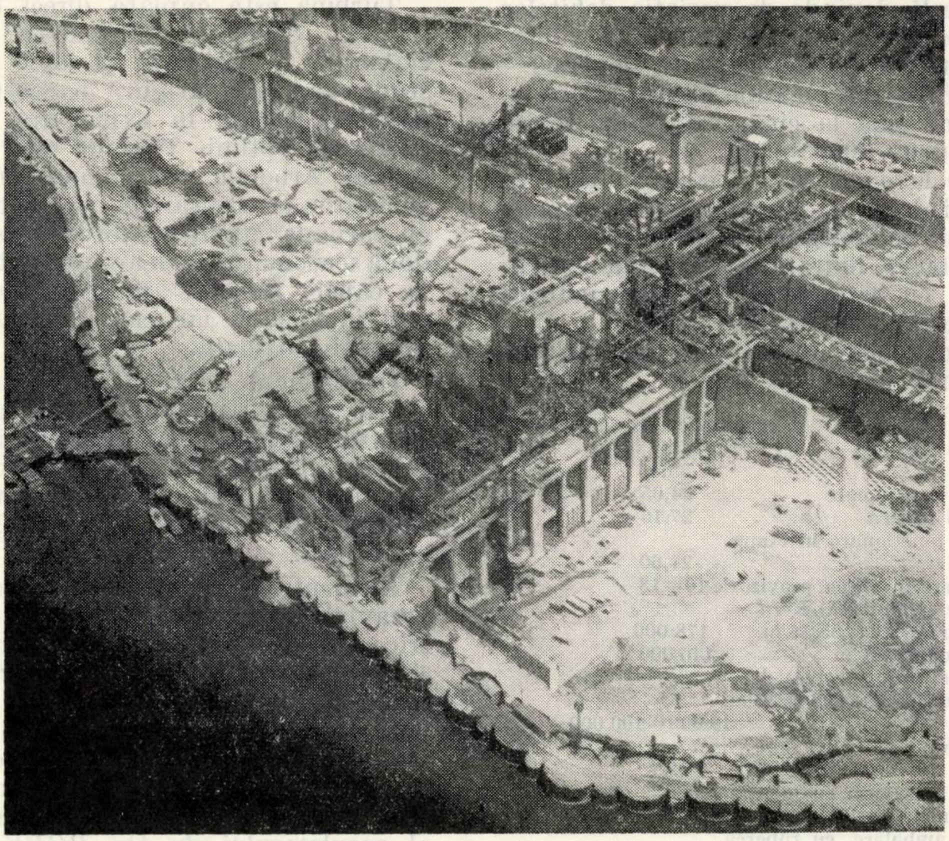


Fig. 5. Construcția centralei electrice în incinta fazei I (vedere aeriană).

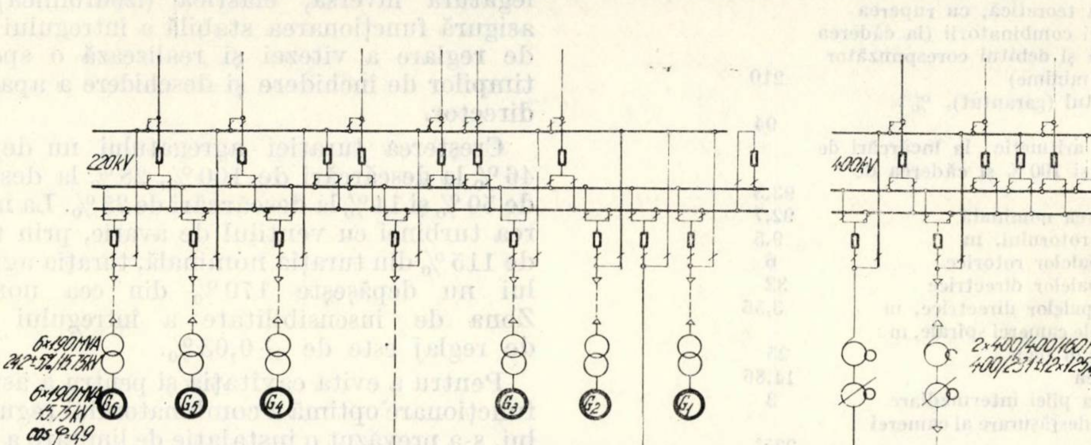


Fig. 6. Schema electrică.

Hidroagregatul este de tip umbrelă, rezemat pe lagărul axial, care este fixat pe capacul turbinei, cu lagărul de ghidaj amplasat la steaua superioară a generatorului. Linia de rotire este deci la partea superioară a butucului generatorului (fusul de ghidaj), iar la partea inferioară butucul se cuplează cu axul turbinei.

Pe fusul de ghidaj, sub nivelul planșeului sălii generatoarelor, se află steaua superioară cu lagărul de ghidaj și generatorul auxiliar de excitație, iar deasupra acestui planșeu, într-o construcție capsulată, se rotește generatorul de reglaj.

Statorul are înfăşurarea în bare în două straturi, cu 684 crestături ; izolaţia înfăşurării a fost realizată din sliudoterm, care utilizează bandă de hîrtie de mică pe ţesătură de sticlă, cu conţinut mare de răşini epoxidice termoreactive.

Rotorul are un butuc central, din care se desprind şapte spiţe cu secţiune chesonată pînă la inelul exterior (obada), format din pachete de segmenţi din tablă de oţel de 4 mm ; la turaţia de ambalare segmenţii sînt solicitaţi pînă la 1/1,2 din limita de curgere de 38 kg/mm².

Lagărul axial, pentru care au fost studiate mai multe variante, este de tipul cu suspensie mecanică cu balansoar, cu două rînduri de segmenţi şi are următoarele caracteristici principale :

— greutatea pieselor rotative ale generatorului	800	t
— greutatea pieselor rotative ale turbinei	500	t
— presiunea axială a apei	2200	t
— sarcina totală pe lagăr	3500	t
— sarcina generală la pornire (din care 600 t sarcina axială hidraulică)	1900	t
— presiunea specifică totală	35,1	kg/cm²
— presiunea specifică redusă (la sarcina hidraulică de 700 t)	20	kg/cm²

Sistemul de excitaţie este alcătuit din două grupuri de redresoare (de lucru şi de forţare), executate după schema de punte trifazată. Alimentarea redresoarelor se face de la un generator auxiliar, cuplat pe arborele turbinei. Excitaţia generatorului auxiliar este realizată prin intermediul unei scheme de autoexcitaţie (deci cu siguranţă maximă), iar excitaţia iniţială se realizează de la serviciile proprii ale centralei. Acţiunea regulatorului de tensiune se exercită prin intermediul circuitelor de comandă ale tiristoarelor.

Pentru răcirea agregatului este necesar un debit de apă de circa 250 l/s. Apa de răcire este preluată gravitaţional pentru fiecare agregat, prin cinci prize, din camera spirală. Datele tehnice principale ale hidrogeneratorului :

— tipul : sincron, trifazat, vertical, cu sistem de răcire în circuit închis de aer şi cu excitaţie statică cu tiristoare	
— puterea aparentă	190 000 kVA
— tensiunea nominală	15 750 + 5 % V ; — 10 % V
— curentul nominal	6 960 A
— factorul de putere	0,9
— turaţia nominală	71,5 rot/min
— turaţia de ambalare (pentru care generatorul este dimensionat să reziste)	180 rot/min
— frecvenţa	50 Hz
— momentul de inerţie al rotorului	82 000 tm²
— randamentul maxim la cos φ = = 0,9 şi 100 % sarcină	98,3 %
— reactanţe :	
sincronă longitudinală (X_d)	105 %
sincronă transversală (X_q)	70 %
— greutatea hidrogeneratorului	1 300 t

Mersul stabil al generatorului este garantat la o putere de 190 MVA la tensiunea de 15 750 V, cu o toleranţă de ± 5 %. La tensiuni cuprinse între —5 % şi —10 % se garantează buna funcţionare, însă la un curent mai redus decît cel nominal. Prin aceasta transformatoarele de putere din lanţul blocului nu necesită ploturi pentru schimbarea tensiunii, deoarece reglajul impus de reţeaua pe înaltă tensiune este asigurat de variaţia tensiunii la bornele generatorului.

Hidrogeneratoarele de la Porţile de Fier, cu diametrul de 16 m, reprezintă una dintre cele mai mari construcţii de acest gen pe plan mondial, iar lagărul axial, avînd o forţă axială de 3500 t, reprezintă un record mondial.

Datorită soluţiei constructive şi parametrilor aleşi, hidrogeneratoarele dispun de o mare stabilitate şi asigură o bună încadrare a centralei electrice în sistemul energetic naţional.

Transformatoarele de forţă

Proiectarea şi construcţia celor şase transformatoare de forţă de 190 MVA s-au efectuat de Uzina ,,Electroputere'' din Craiova. Marea capacitate, tehnicitatea şi dotarea acestei uzine i-au permis să realizeze transformatoare şi mai mari pentru diferite staţii de conexiuni.

Transformatoarele sînt montate bloc cu generatoarele şi au fost amplasate în aer liber, pe platforma din aval a centralei electrice. Generatoarele sînt legate cu transformatoarele prin bare de 15,75 kV, iar racordul transformatoarelor cu staţia de conexiuni este realizat în cabluri monofazice de 220 kV. Miezul magnetic al transformatoarelor de forţă trifazice este realizat din cinci coloane : trei centrale pentru cele trei faze şi două laterale.

Înfăşurările concentrice au bobinele tensiunii inferioare (15,75 kV) cu 42 conductoare pe miez, peste care se suprapune înfăşurarea de înaltă tensiune (220 V) şi apoi cea de reglaj.

Cuva — un clopot metalic de construcţie sudată şi rigidizată prin nervuri — este calculată pentru un vid de 100 % şi pentru o suprapresiune de interior de 0,5 at.

Răcirea transformatoarelor s-a examinat în variantele cu aer sau apă, reţinîndu-se varianta cu apă (schimbător de căldură ulei-apă).

Caracteristicile principale ale transformatoarelor de forţă :

— puterea nominală	190	MVA
— raport de transformare la mers în gol	242±5 %/15,75 kV	
— frecvenţa nominală	50	Hz
— tensiunea de scurtcircuit	12,5	%
— randamentul la sarcina de 100 %, pentru cos φ = 0,9	99,65	%
— curentul de mers în gol la tensiunea şi frecvenţa nominală	0,6	%

Reglarea transformatorului se face fără sarcină şi tensiune, prin acţionarea unui comutator la care se racordează prizele de $-5\,\%$, 0 şi $+5\,\%$ realizate pe partea de neutru a înfăşurării de 220 kV.

Circuitele secundare şi de automatizare

Circuitele secundare ale centralei asigură comanda, protecţia, măsura, semnalizările şi automatizarea instalaţiilor atît pentru funcţiunile şi serviciile proprii ale fiecărui grup, cît şi pentru instalaţiile de ansamblu ale centralei electrice.

Numeroasele operaţii şi măsurători sînt centralizate în camera de comandă, de unde comenzile se dau centralizat pentru întreaga centrală. Totodată, fiecare agregat poate fi comandat şi de la panoul său de comandă, amplasat în sala maşinilor, în apropierea agregatelor.

Fiecare agregat poate fi pus în funcţiune automat, centralizat, semiautomat sau manual. Următoarele procese se realizează automatizat: alimentarea cu apă de răcire şi de ungere, ungerea cu unsoare consistentă, reglajul presiunii şi al nivelului uleiului la gospodăria de ulei sub presiune, reglarea turaţiei, a puterii active, a tensiunii, a puterii reactive, sincronizarea şi cuplarea agregatului la reţea, frînarea rotorului turbinei.

Coordonarea funcţionării întregii centrale electrice este urmărită automat, şi anume: reglarea ansamblului agregatelor din centrală corespunzător comenzii pentru puterea activă şi pentru puterea reactivă, repartiţia optimizată a sarcinii pe grupuri, cuprinzînd şi pornirea sau oprirea automată a grupurilor, limitarea vitezei de încărcare a centralei pentru evitarea formării, în aval de centrală, a unui val de amplitudine periculoasă pentru navigaţie etc. Se preconizează instalarea unui calculator electronic pentru preluarea urmăririi proceselor automatizate.

Funcţionarea blocului generator-transformator este protejată electric pentru toate defecţiunile interne sau din exterior, precum şi pentru depăşiri faţă de normele de funcţionare.

Funcţionarea hidrogeneratoarelor este măsurată şi înregistrată în camera de comandă şi la panoul agregatului (curentul şi tensiunea statorului şi a rotorului, puterea activă şi reactivă, energia activă şi reactivă). De asemenea, pentru urmărirea funcţionării centralei se înregistrează pe cale pneumohidraulică debitul şi căderea netă pe agregat, presiunea în camera rotorului etc.

4. Condiţiile pentru exploatarea centralei electrice

Exploatarea centralei electrice române este condusă în concordanţă cu interesele sistemului energetic român, dar şi cu cele ale sistemului energetic iugoslav. Exploatarea trebuie condusă astfel încît să fie satisfăcute următoarele condiţii:

— nedepăşirea cotei de control la Nera;

— asigurarea în aval a unui regim de nivele acceptat pentru navigaţie;

— împărţirea zilnică paritară, cu partea iugoslavă, a potenţialului hidroenergetic disponibil (putere şi energie).

Programarea exploatării, de comun acord între dispecerii energetici ai celor două părţi, se realizează, pe baza unei prognoze calculate pe durate mai scurte sau mai lungi, cu ajutorul unei reţele extinse de staţii de observaţie, dintre care unele cu transmisie automată.

Corecţiile şi neînchiderile de balanţe se realizează operativ, după un regulament al dispecerului comun.

5. Montajul echipamentelor centralei electrice

Montajul echipamentelor a fost efectuat de Trustul de construcţii şi montaje energetice, prin întreprinderea ,,Energomontaj".

Buna organizare a bazelor de producţie, alegerea unor tehnologii judicioase de montaj, utilizarea unor macarale de mare capacitate şi a unui număr important de dispozitive ingenioase şi moderne au condus la realizarea unor operaţii de montaj eficient, economic şi în termene scurte.

Pentru fiecare suboperaţie au fost examinate mai multe variante pentru alegerea celor mai avantajoase soluţii, uneori diferite pentru echipamente similare, ţinîndu-se seama de stadiul lucrărilor de construcţie, al lucrărilor de echipamente, al experienţei căpătate la primele serii şi de situarea pe drumul critic general al programului de execuţie.

Concepţia de bază a fost preasamblarea de subansamble complete cît mai mari, utilizînd cît mai complet dotarea cu mijloace de ridicare de mare capacitate: două poduri rulante definitive de cîte 400 tf, macarale-turn BK—1000, de construcţie sovietică, cu braţ de 50 m şi sarcina maximă de 50 t, precum şi, parţial, macarale de betonare BKSM de 400 t. Subansamblele cele mai grele au fost rotorul turbinei complet montat (340 t) şi rotorul generatorului (593 t).

Cele mai multe piese au fost transportate pe calea ferată; pentru unele piese, cum ar fi butucul rotorului turbinei, turnat la U.M.G. Bucureşti şi prelucrat la U.C.M. Reşiţa, avînd greutatea finală de 90 t (120 t în stare neprelucrată) a fost necesară construirea unui vagon special. Cu ajutorul trailerelor au fost transportate pe şosea o serie de piese negabaritice pentru calea ferată. Pe apă, la portul de şantier a fost adusă, printre altele, baia de ulei de la lagărul axial, în greutate de 60 t.

Montajul pieselor înglobate s-a desfăşurat din trimestrul III 1967 pînă în trimestrul IV

1968. S-a avut în vedere faptul că lucrările de construcţie le devansau pe cele de montaj şi s-a elaborat un program comun de montare a subansamblelor direct în betonul primar, nu în goluri de montaj; în acest scop au fost prevăzute rigidizări corespunzătoare bulonate pentru evitarea deformărilor.

Peste 3/4 din numărul pieselor înglobate s-au montat preasamblate. Au fost amenajate două platforme de preasamblare de 900 m^2 (în amonte şi în aval), dotate cu cîte o macara de 1000 tm, care avansau pînă la frontul centralei.

Principalele subansamble înglobate în beton au fost:

— Blindajul conului aspiratorului, cu Ø 12,8 m şi $h = 7{,}5$ m, compus din trei virole cu înălţimea de 2,5 m. Virolele de cîte 18 t fiecare, au fost asamblate pe platforma amonte, transportate în centrală cu macaraua-turn de 1000 tm şi amplasate în axul agregatului cu ajutorul a două macarale de 400 tm, care serveau în mod curent la punerea în operă a betonului.

— Blindajul conului superior al camerei spirale şi blindajul puţului turbinei. Aceste blindaje au fost livrate în tole trapezoidale, corespunzătoare profilului continuu variabil al camerei. După asamblarea tolelor prin sudură s-au obţinut subansamble care au fost montate la faţa locului cu macarale de 400 tm.

— Statorul turbinei s-a montat rapid din şase sectoare preasamblate (a cîte 25 t fiecare), cu macarale de 400 tm; precizia de montaj a fost remarcabilă, cu toleranţe de circa o pătrime din cele admisibile.

— Camera rotorului, compusă din trei virole de 26 mm grosime, placate cu 4 mm oţel inoxidabil, fiecare virolă fiind livrată în opt sectoare. Montajul cerea asigurarea perfectă a sfericităţii din proiecte, abaterile influenţînd negativ asupra randamentelor turbinei. Pentru menţinerea sfericităţii s-au montat puncte dese de ancoraj (pînă la patru puncte pe m^2). Virola inferioară a fost preasamblată la prima turbină pe platformă, iar următoarele două au fost montate în puţul turbinei. La celelalte turbine (2—6) toate virolele au fost montate direct în puţ, tolele fiind asamblate întîi prin haftuire, apoi centrate şi ancorate în beton, după care au fost sudate cordoanele verticale şi orizontale concomitent cu corectarea din ancore a abaterilor de la poziţia cerută de proiect.

La montajul hidroagregatelor s-a urmărit preasamblarea de subansamble complete pe platformele de montaj şi transportarea lor cu podurile rulante în puţurile turbinelor. Au fost amenajate trei platforme:

— Platforma interioară din clădirea centralei (25 × 30 m), deservită de cele două poduri rulante de 400 t ale centralei, sub care circula un pod rulant de 16 t; s-a amenajat, de asemenea, un braţ rotitor de 16 m, fixat în peretele sălii maşinilor pentru deservirea acestei platforme pe care s-au asamblat rotorul turbinei, rotorul generatorului şi transformatoarele de 190 MVA.

— Pentru sporirea spaţiului de montaj pe mal, în prelungirea axului agregatelor a fost amenajată o platformă exterioară de 25 × 72 m, deservită de podurile rulante de 400 t ale

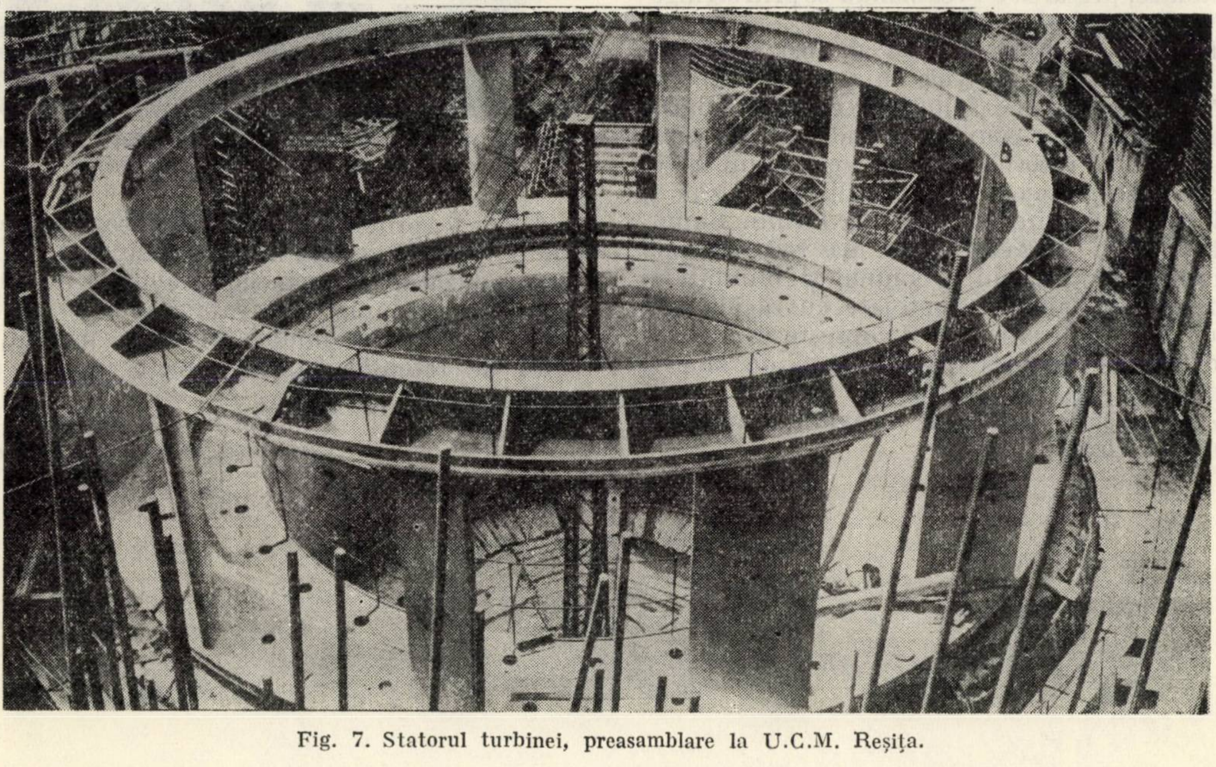


Fig. 7. Statorul turbinei, preasamblare la U.C.M. Reşiţa.

centralei, care trec peste ecluză. Pe această platformă largă s-au asamblat lagărele axiale, inelele aparatului director, capacul turbinei, axul turbinei etc.

— Perpendicular pe platforma exterioară de montaj a fost amenajată încă o platformă exterioară, de 20 × 90 m, deservită de o macara-turn de 1000 tm, pentru gospodării auxiliare, ateliere mecanice, depozite, sculărie, atelierul de curățat tole etc. ; această platformă a servit mult în prima fază (în special înainte de montarea podurilor rulante).

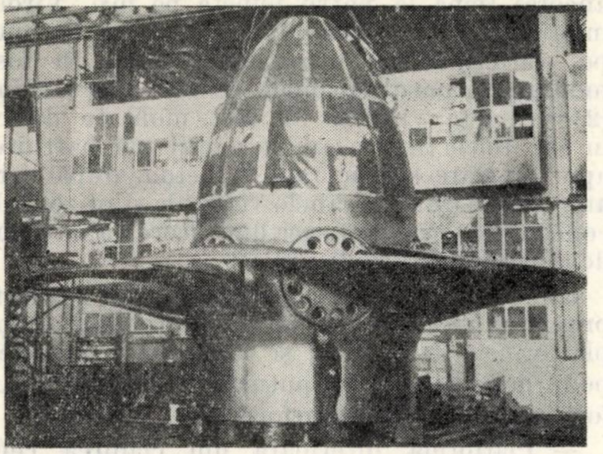


Fig. 8. Rotorul turbinei.

Statorul generatorului a fost asamblat și bobinat în locașul său definitiv. Rotorul a fost montat pe platforma interioară de montaj, pe un stand cu buloane încastrate; tolele erau asamblate, presarea lor realizîndu-se prin strîngerea piulițelor buloanelor.

Piesele în contact cu apa au fost protejate contra coroziunii. Spațiile în care viteza apei depășește circa 2 m/s (blindajele camerei spirale, capacul turbinei, conul și blindajul aspiratorului, butucul rotorului, inelele aparatului director) au fost protejate prin metalizare cu zinc și apoi prin acoperire cu lacuri de bitum. Suprafețele în care viteza apei este mai redusă (zona de racord cu betonul a conului și blindajului aspiratorului) au fost protejate cu rășini epoxidice. Butucul rotorului se vopsește în interior cu o vopsea de protecție pe bază de zinc și bitum, iar statorul și camera rotorului cu o vopsea specială de rășini epoxidice, aplicată prin pulverizare.

Programul de punere în funcțiune a hidroagregatelor la centrala electrică a părții române, stabilit prin Acordul româno-iugoslav privind realizarea Sistemului hidroenergetic și de navigație Porțile de Fier, prevedea anumite termene. Față de aceste prevederi, termenele au fost devansate cu 45—90 zile, astfel : primul agregat a fost pus în funcțiune la 17 august 1970, al doilea la 2 noiembrie 1970, al treilea la 28 februarie 1971, iar al patrulea la 30 aprilie 1971.

La centrala părții iugoslave, primul agregat a intrat în funcțiune la același termen cu primul agregat al părții române, al doilea agregat în luna decembrie 1970, iar al treilea în luna martie 1971.

La darea în funcțiune a primului agregat hidroenergetic, nivelul de retenție în amonte era menținut la cota 52,5 mdMA, corespunzător înălțimii batardoului. Începînd de la 31 martie 1971, nivelul de retenție va oscila între 52,5 și 55,0 mdMA, corespunzător debitelor afluente pe fluviu. La această cotă de retenție, începînd de la data punerii în funcțiune și pînă la sfîrșitul lunii martie 1971, fiecare hidroagregat produce în medie circa 1,5 milioane de kWh pe zi.

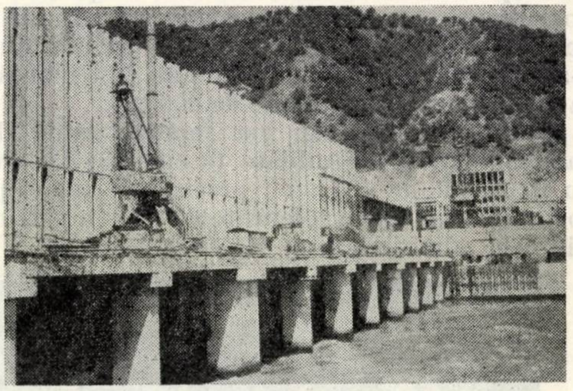


Fig. 9. Fațada din aval a centralei electrice cu primul transformator de 190 MVA în montaj.

Între 1 aprilie și 14 iunie 1971 cota de retenție la baraj va oscila între 55,0 și 61,0 mdMA, corespunzător, de asemenea, debitelor în fluviu, iar de la 15 iunie 1971 exploatarea se va face corespunzător regimului final de proiect, cu cotă de retenție variabilă între 69,5 și 63,0 mdMA.

(Articol intrat în redacție la 15 ianuarie 1971)

◆

Centrala electrică de termoficare Govora

Ing. G. Marian *)

Dezvoltarea multilaterală a economiei naţionale a României a încredinţat sectorului energetic, pe baza planurilor cincinale şi de perspectivă, sarcini deosebit de importante, cunoscută fiind legătura organică dintre acest sector şi celelalte ramuri ale activităţii economice.

Dată fiind creşterea considerabilă a capacităţii industriei româneşti, a fost posibilă trecerea la o etapă nouă în energetică, prin realizarea cu mijloace proprii a unor agregate de puteri unitare sporite (între 50 şi 300 MW) şi parametri înalţi (140 ata, 570°C), ţinînd seamă de condiţiile specifice din ţara noastră în ceea ce priveşte folosirea raţională a resurselor naturale, cerinţele industriilor, eficienţa economică etc. O atenţie deosebită s-a acordat economisirii de combustibil prin producerea combinată de energie electrică şi termică.

Realizările mai recente de centrale electrice de termoficare, utilate cu echipament produs în ţară, sînt rezultatul aplicării pe scară mai largă a concepţiei generale de dezvoltare a energeticii în ţara noastră.

Centrala electrică de termoficare Govora — unul dintre recentele obiective energetice realizate în ţara noastră — este echipată cu două turboagregate de 50 MW, primele unităţi energetice româneşti realizate la aceste capacităţi, şi două cazane de abur, de cîte 420 t/h, realizate, de asemenea, cu mijloace proprii, care produc aburul la 140 ata şi 540°C. Centrala este amplasată în incinta platformei industriale Govora — Rm. Vîlcea şi furnizează energie electrică şi abur pentru alimentarea unor consumatori industriali.

Sarcinile termice ale acestei centrale sînt în continuă creştere, pentru aburul tehnologic, reprezentînd circa 250 t/h în 1970 şi 420 t/h în 1972.

Aburul este livrat la presiunile de 35, 28, 13, 6, 3 ata, iar apa fierbinte pentru încălzire la 150/70°C.

Combustibilul de bază îl constituie gazele de sondă, livrate prin conducte pînă la staţia de reducere din incinta centralei. Răcirea se face în circuit închis, apa fiind asigurată din rîul Olt prin cooperare cu Combinatul chimic Govora.

CET Govora este racordată la sistemul energetic printr-o staţie de 220/110 kV, puterea grupurilor fiind debitată la tensiunea de 35 kV la consumatorii locali şi la 110 kV în sistemul energetic naţional.

La amplasarea acestui obiectiv, ţinîndu-se seamă de condiţiile locale, a fost adoptată, ca fiind mai economică, soluţia de extindere a centralei vechi, echipată cu două cazane E.B. de cîte 75 t/h şi o turbină de 7,5 MW cu contrapresiune. De asemenea, s-a urmărit folosirea

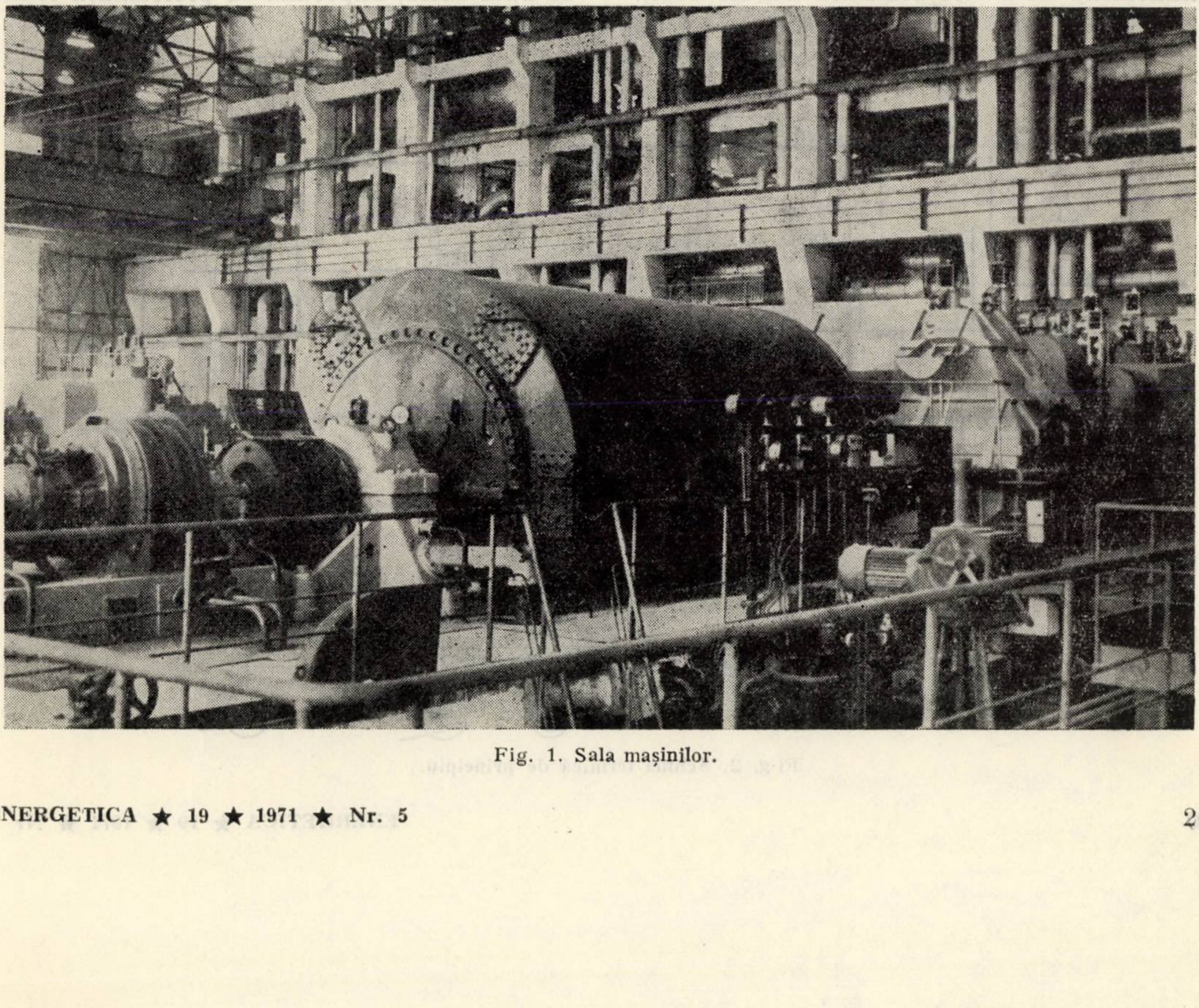


Fig. 1. Sala maşinilor.

---

*) Ing. George Marian este şef de proiect complex la Institutul de studii şi proiectări energetice.

cît mai raţională a terenului nou ocupat precum şi a spaţiilor existente. Astfel, în spaţiul sălii maşinilor sînt montate bateriile de transformatoare de abur şi pompele de termoficare, gazele de ardere sînt evacuate în coşul existent, iar serviciile generale şi camera de comandă electrică sînt amplasate în vechile spaţii care aveau aceeaşi destinaţie etc.

Schema termomecanică (fig. 2) este realizată în sistem bloc cazan-turbină, cu bară de legătură, atît pe partea de alimentare cu apă a cazanelor, cît şi pe partea de abur viu. Prizele de abur reglabile, de 13 ±3, respectiv 0,7—2,5 ata, debitează pe colectoare comune.

Pentru reducerea la minimum a instalaţiilor de demineralizare, schema instalaţiilor termomecanice cuprinde patru transformatoare de abur de cîte 40 t/h, legate în serie de cîte două, alimentate cu abur de la prizele de 13 ata. Transformatoarele sînt amplasate în sala maşinilor la cota ± 0,00.

Alimentarea cu apă a cazanelor se realizează cu trei electropompe de cîte 500 m^3/h, 1800 m col. apă, iar transportul apei fierbinţi în reţelele de termoficare se face cu ajutorul a trei pompe de 270 m^3/h şi 75 m col. apă.

Schema prevede legături tehnologice între centrala veche şi extindere pentru apa de alimentare tratată şi pentru abur.

Cazanele de abur sînt instalate într-o sală cu deschiderea de 24 m, lungimea de 72 m şi înălţimea de 35,8 m, avînd peretele exterior în aliniamentul spatelui cazanelor (construcţie semiînchisă). Sala este realizată din structură metalică, acoperiş din ferme metalice rezemate pe corpul degazoarelor şi pe peretele exterior din spatele cazanelor.

Grupurile turbogeneratoare sînt amplasate transversal pe axul sălii maşinilor, care are deschiderea de 39 m, lungimea de 72 m şi înălţimea de 28 m.

Sala maşinilor — o construcţie din beton armat monolit — are un subsol tehnologic la cota —4 m. Acoperişul este format dintr-o şarpantă metalică şi chesoane prefabricate din beton armat, rezemate direct pe fermele metalice.

Degazoarele sînt instalate la cota +20 m, într-un corp intermediar, care face legătura între sala cazanelor şi sala maşinilor. Corpul degazoarelor este o construcţie din beton armat monolit, cu deschiderea de 9 m, lungimea de 72 m şi înălţimea de 35,6 m.

La cota +8,0 m s-a realizat camera de comandă tehnologică, în partea centrală, celelalte spaţii fiind ocupate de instalaţii de reducere-răcire, conducte, pod de cabluri, instalaţii de condiţionare etc.

Cererile consumatorilor privind livrarea de abur la presiuni şi temperaturi diferite faţă de valorile obţinute la prizele reglabile ale turboagregatelor (13 ata) au condus la necesitatea instalării suplimentare a unor instalaţii rapide de reducere, reducere-răcire şi de injecţie de abur viu. Oportunitatea tehnico-economică a adoptării unor astfel de soluţii este evident discutabilă. Din acest punct de vedere apare indicat ca la alte obiective similare să se adîncească, împreună cu proiectanţii tehno

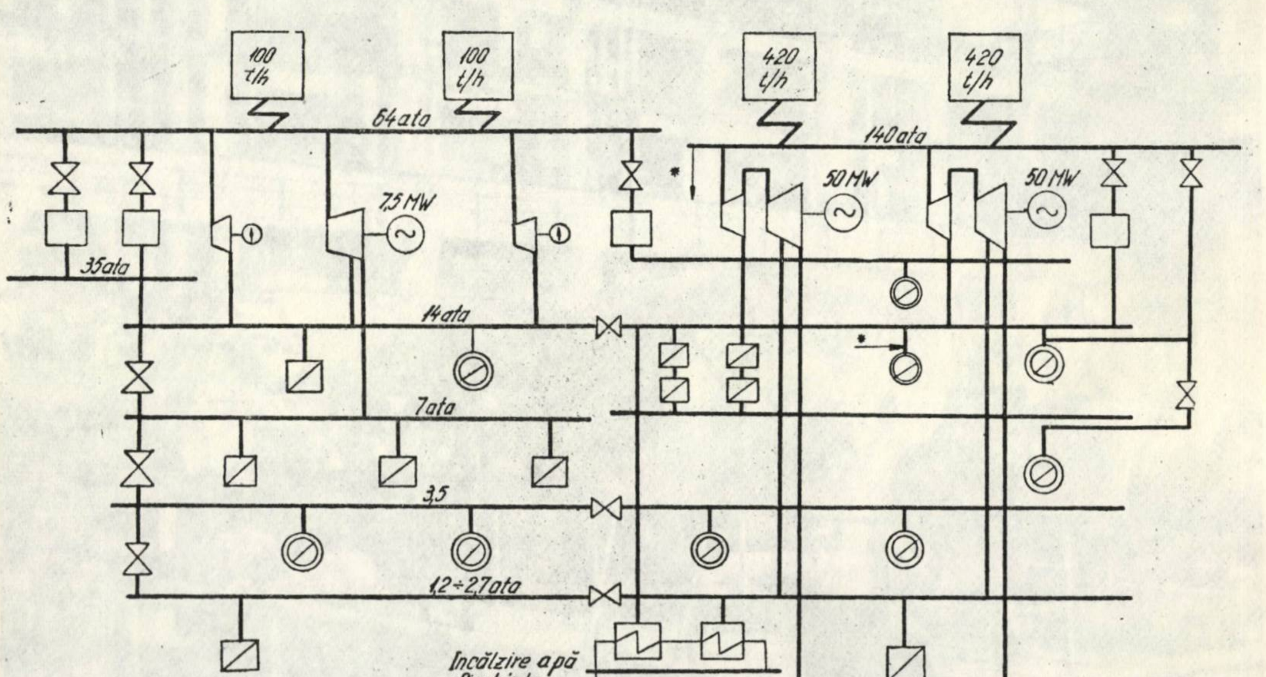


Fig. 2. Schma termică de principiu.

logi ai fabricilor chimice consumatoare de abur, analiza posibilităţilor de îmbunătăţire a soluţiilor.

Grupurile noi din extindere sînt racordate la sistemul energetic la tensiunea de 110 kV prin transformatoare-bloc cu trei înfăşurări, 110/10,5/38,5 kV — 80/80 (63) MVA, amplasate în faţa sălii maşinilor.

Racordarea la sistem se face prin staţia de 220/110 kV Govora, cu două circuite de 110 kV, parţial în cablu (circa 0,8 km) şi parţial în linie cu simplu circuit (circa 4,5 km).

Înfăşurarea de 35 kV a transformatoarelor este racordată prin cabluri la barele de 35 kV ale Combinatului chimic Govora.

Pentru separarea instalaţiilor centralei de cele ale consumatorilor s-au prevăzut întreruptoare amplasate în corpul administrativ.

Serviciile proprii de bloc sînt alimentate în derivaţie de la bornele generatorului, prin transformatoare de 16 MVA, 10/6 kV, avînd întreruptoare pe partea de 10 kV.

Pentru alimentarea serviciilor proprii generale şi alimentarea de rezervă a serviciilor proprii de bloc s-a instalat un transformator de 40 MVA, 110/35/6 kV, legat prin a treia linie cu simplu circuit de 110 kV la staţia 220/110 kV Govora şi racordat la barele staţiei de 400 MVA.

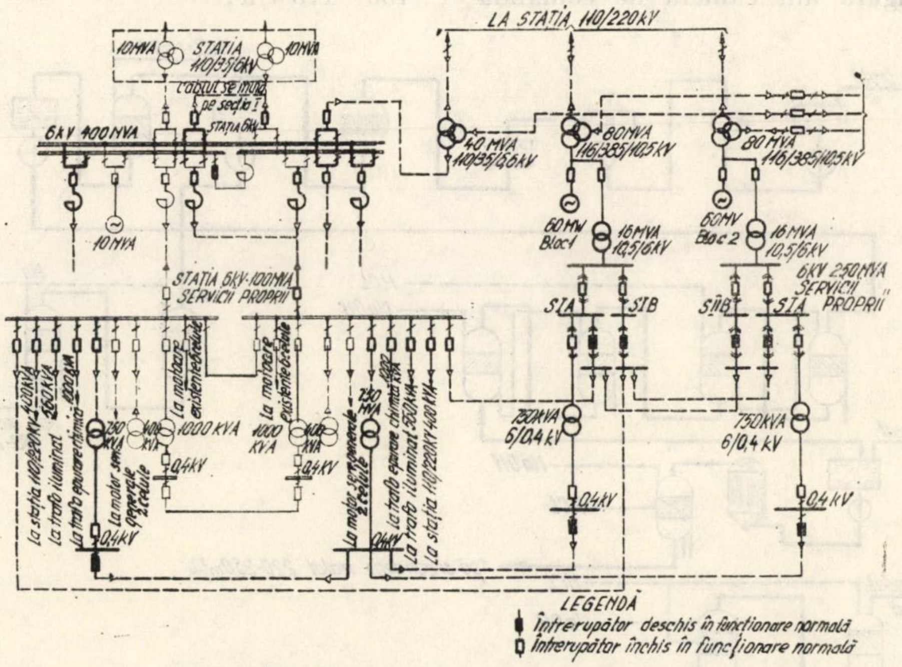

LA STAŢIA 110/220kV
10MVA
STAŢIA 110/35/6kV
10MVA
Cablul se mută pe secţia I
STAŢIA 6kV
6kV 400MVA
10MVA
40 MVA 110/35/6,6kV
80MVA 116/38,5/10,5kV
80 MVA 116/38,5/10,5kV
60MW Bloc 1
16MVA 10,5/6kV
60MW Bloc 2
16MVA 10,5/6kV
6kV 250MVA SERVICII PROPRII
SIA
SIB
SIIB
SIIA
STAŢIA 6kV-100MVA SERVICII PROPRII
la staţia 110/220kV 400kVA
la trafo iluminat 560kVA
la trafo epurare chimică 1000kVA
250 kVA
400 kVA
1000 kVA
la motoare existente 6 cazane
la motor servicii generale 2 cazane
la motoare existente 6 cazane
1000 kVA
400 kVA
0,4kV
0,4kV
250 MVA
la motor servicii generale 2 cazane
la trafo epurare chimică 1000 kVA
la trafo iluminat 560kVA
la staţia 110/220kV 400kVA
0,4kV
750kVA 6/0,4kV
750kVA 6/0,4kV
0,4kV
0,4kV
LEGENDĂ
▮ Întrerupător deschis în funcţionare normală
▯ Întrerupător închis în funcţionare normală

Fig. 3. Încadrarea în sistemul energetic naţional.

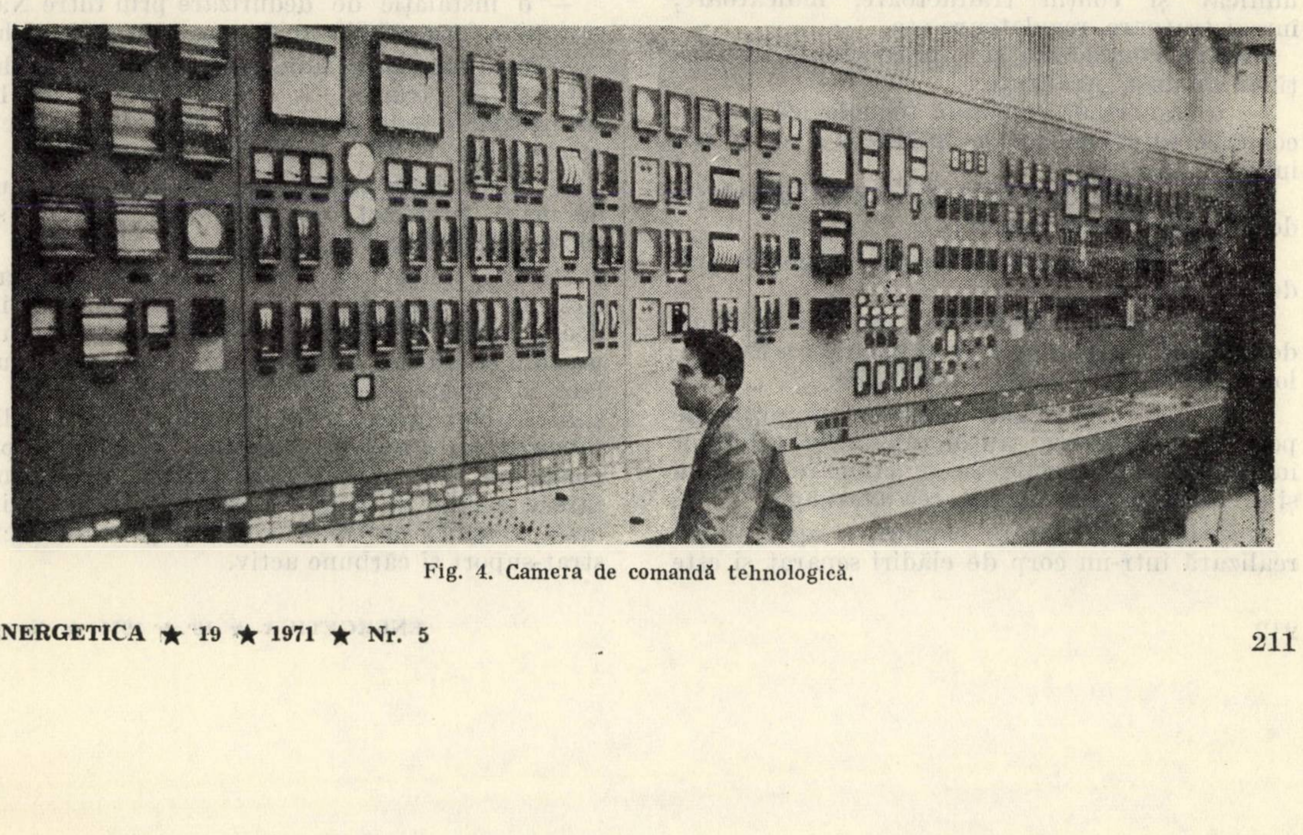


Fig. 4. Camera de comandă tehnologică.

Înfăşurarea de 35 kV a transformatorului de 40 MVA se leagă prin cablu la barele de 35 kV ale Combinatului chimic şi serveşte ca sursă de rezervă. Ca sursă de curent continuu sînt folosite baterii de 24 şi 220 V.

Comanda generatoarelor şi a instalaţiilor aferente se asigură din camera de comandă tehnologică. Comanda şi semnalizările se fac după sistemul UNIMOD.

Pentru automatizarea instalaţiilor tehnologice sînt prevăzute aparate de control şi reglaj automat de tipul electronic-tranzistorial cu acţionare pneumatică. Aparatajul este fabricat în ţară după licenţa Hockushin.

Elementele de automatizare sînt de tipul unificat şi conţin traductoare, indicatoare, înregistratoare, regulatoare etc.

Pentru conducerea şi supravegherea instalaţiilor au fost prevăzute :

— o cameră de comandă tehnologică pentru conducerea grupurilor de 50 MW şi a serviciilor interne aferente;

— o cameră de comandă pentru instalaţia de tratare chimică a apei ;

— un punct de comandă pentru gospodăria de combustibil.

Pentru comanda locală s-au prevăzut tablouri de comandă la pompele de alimentare a cazanelor şi pentru unele măsurători locale.

Instalaţiile de reglaj automat şi protecţie permit conducerea automată a instalaţiilor în regimurile normale de funcţionare, precum şi preîntîmpinarea şi limitarea avariilor.

Instalaţia de tratare chimică a apei a fost realizată într-un corp de clădiri separat şi este dimensionată pentru acoperirea următoarelor consumuri :

— apă de adaos demineralizată în circuitul termic : 150—165 t/h ;

— apă de adaos dedurizată pentru transformatoarele de abur şi circuitul de termoficare : 150—175 t/h ;

— tratarea condensatorului de la transformatoarele de abur : 70—83 t/h ;

— tratarea intermitentă a condensatului de bază : 150—155 t/h.

Instalaţiile realizate funcţionează după o schemă tehnologică (fig. 5) compusă din :

— o instalaţie de demineralizare a apei formată din trei linii de cîte 75—85 m³/h ;

— o instalaţie de dedurizare prin filtre Na-cationice, formată din trei filtre a 125—150 m³/h;

— o instalaţie de finisare a apei demineralizate şi de tratare a condensatului de la transformatoarele de abur prin filtrare cu pat mixt ;

— o instalaţie pentru tratarea condensatului de bază prevăzut cu filtre Na-cationice şi filtre cu pat mixt.

Pentru limpezirea apei brute s-a realizat coagularea concomitentă cu decarbonatare în decantoare cu recirculare mecanică a şlamului, precum şi dozarea de clor şi adjuvant de coagulare în vederea reducerii silicei coloidale şi a substanţelor organice. Suplimentar, pentru eliminarea substanţelor organice rămase după coagulare, s-a realizat, pentru apa de alimentare a staţiei de demineralizare, filtrarea prin mase anionice de tip scavager şi prin filtre cu strat-suport şi cărbune activ.

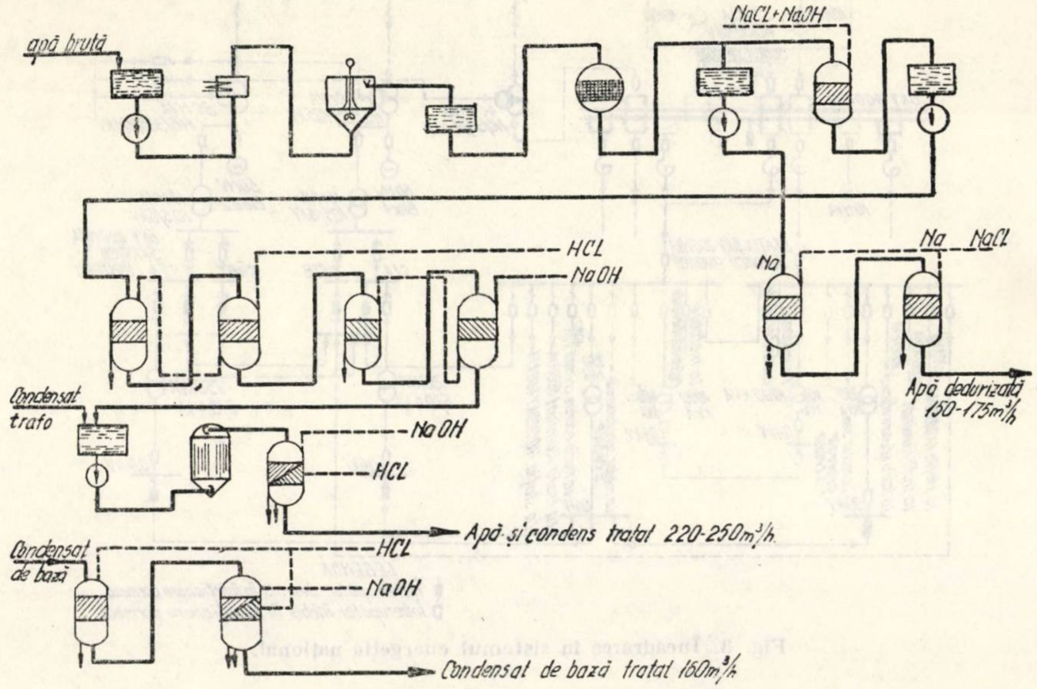

apă brută
NaCl+NaOH
HCL
NaOH
Na
Na NaCl
Apă dedurizată 150-175m³/h
Condensat trafo
NaOH
HCL
Apă şi condens tratat 220-250m³/h
Condensat de bază
HCL
NaOH
Condensat de bază tratat 160m³/h

Fig. 5. Schema instalaţiei de tratare chimică a apei.

Pentru condiţionarea apei de alimentare s-a prevăzut o gospodărie de amoniac şi hidrazină.

Cu ocazia extinderii CET s-a urmărit îmbunătăţirea calităţii apei din staţia existentă.

Apa brută din rîul Olt se caracterizează prin variaţii bruşte ale indicilor chimici, chiar de la o zi la alta, avînd conţinut mare de silice coloidală şi substanţe organice (fig. 6).

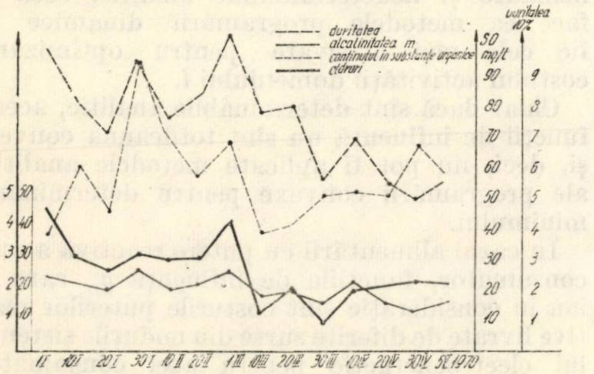


Fig 6. Variaţia în timp a indicilor chimici la apa brută.

Instalaţiile de tratare prevăzute au realizat următorii indici chimici :

$Dt = 1{,}8 - 3{,}8$ mval/l $SO_4^{2-} = 0{,}7 - 0{,}8$ mval/l
$Na^+ = 0{,}7 - 0{,}8$ mval/l $Cl^- = 0{,}5 - 1{,}2$ mval/l
$ST = 2{,}5 - 4{,}6$ mval/l $HCO_3^- = 1{,}3 - 2{,}6$ mval/l

Substanţe organice (consum $KMnO_4$) = 120 mg/l.

Reactivii prevăzuţi a se doza în fiecare reactor sînt următorii :

pentru pulsator : sulfat feros oxidat cu hipoclorit de sodiu ;

pentru circulator : sulfat feros oxidat cu hipoclorit de sodiu — lapte var şi adjuvant de coagulare Posedim.

Atît pentru pulsator cît şi pentru circulator, doza optimă de sulfat feros se stabileşte în laborator, atunci cînd indicii chimici ai apei brute se modifică simţitor sau cînd apar deranjamente în funcţionarea acestora.

A fost adoptată soluţia de răcire în circuit închis cu două turnuri de răcire de cîte 7500 m³/h.

Apa de completare pentru răcire se asigură din rîul Olt, de la staţia de pompare a Combinatului chimic Govora.

Apele reziduale se evacuează prin reţeaua platformei, după o tratare prealabilă.

Apa potabilă şi de incendiu se asigură, de asemenea, din reţeaua generală a platformei.

Indicatorii tehnico-economici rezultaţi din calcule situează Centrala electrică de termoficare Govora printre centralele cu eficienţă ridicată realizate la noi în ţară şi în străinătate.

Punerea în funcţiune a CET Govora în anul 1970, la întreaga capacitate, constituie o realizare de o deosebită importanţă în energetica noastră, fiind primul obiectiv echipat cu agregate energetice de asemenea capacităţi produse în ţară.

(Articol intrat în redacţie la 19 iunie 1970)

◆

Alimentarea optimă cu putere reactivă a unui consumator racordat într-un nod al sistemului electroenergetic

Ing. Fl. Predan*)

Un consumator poate fi alimentat cu putere reactivă dintr-o sursă locală de producere a puterii reactive sau prin transportul celei produse de centralele electrice din sistemul energetic. În primul caz apar costuri mari de investiţii rezultate din instalarea sursei locale, care se reflectă cu o pondere mare în cheltuielile pentru producerea locală a puterii reactive, dar costul datorită pierderilor de putere activă se reduce practic la cel datorită pierderii din sursa locală. În al doilea caz apar cheltuieli datorită pierderilor de putere activă prin circulaţia puterii reactive în elementele sistemului electroenergetic şi datorită producerii puterii reactive în centralele electrice. Puterea reactivă produsă de centralele electrice din sistem se consideră că are o anumită valoare, dar pentru a-i defini costul o vom considera ca o producţie secundară, investiţia de bază şi pierderile fixe de putere activă în generatoare fiind trecute în contul producerii puterii active.

Valoarea puterii reactive livrate la bornele generatorului este condiţionată de faptul că, pentru furnizarea unei puteri reactive la puterea activă nominală, generatorul trebuie supradimensionat, aceasta acţionînd atît asupra statorului cît şi asupra rotorului, precum şi de pierderile suplimentare de putere activă în înfăşurările statorului şi ale rotorului. Costul puterii reactive livrată la bornele unui generator se poate evalua conform [1].

Din punct de vedere tehnic, consumatorul considerat poate fi alimentat complet dintr-o sursă locală sau din sistemul electroenergetic, dar alimentarea economică va fi realizată prin găsirea compromisului optim între cele două posibilităţi. Întrebarea care se pune este : cît se preia din sistem şi cît se produce local pentru a satisface, cu cheltuieli minime, necesităţile de putere reactivă ale consumatorului?

---

*) Ing. Florin Predan este şeful Serviciului investiţii al ICENERG.

Pentru a avea un rezultat cît mai apropiat de realitate, este necesar să se stabilească cît mai exact posibil funcţia costuri a alimentării, ceea ce presupune cîteva aprecieri generale care vor fi particularizate pentru cazul de faţă.

Dacă există un domeniu economic de activitate pentru care se caută să se aleagă un program optim de dezvoltare şi utilizare a ansamblului lui, este necesar să se ia în consideraţie conexiunile acestuia cu celelalte domenii de activitate. Domeniul considerat poate fi o ramură industrială, o uzină, o secţie a unei fabrici, fabricaţia unui produs, sistemul energetic naţional, un consumator din cadrul acestuia etc.

Conexiunile unui domeniu oarecare se împart în două categorii :

— conexiuni prin care dezvoltarea şi funcţionarea domeniului considerat sînt influenţate de alte domenii ;

— conexiuni prin care sînt influenţate celelalte domenii de dezvoltare şi funcţionarea domeniului considerat.

Pentru un domeniu considerat, între el şi celelalte domenii există conexiuni cu influenţă puternică şi conexiuni cu influenţă slabă. Dacă s-ar putea găsi un criteriu de eliminare a celor cu influenţă slabă şi de reţinere a celor cu influenţă mare, problema s-ar uşura mult şi ar deveni rezolvabilă.

Dacă notăm cu g_{ji} funcţia de influenţă a conexiunii domeniului j asupra costului activităţii domeniului i studiat (funcţiile reciproce de influenţă), pentru acesta se obţine :

$$\varphi = \sum_{j=1}^{n} g_{ji}\,(X_{ji}). \tag{1}$$

În toate cazurile din economie apare relaţia :

$$g_{ji} \neq g_{ij}. \tag{2}$$

Prin g_{ii} se notează funcţia proprie de costuri a domeniului studiat.

Dacă se iau în consideraţie domenii cu conexiune slabă faţă de domeniul studiat, cu metodele de calcul care ne stau la dispoziţie, apare următorul fenomen : în determinarea funcţiei de influenţă a conexiunii respective apar erori care fac ca rezultatul optimizării domeniului studiat să fie mai îndepărtat de realitate decît dacă aceste conexiuni ar fi fost eliminate.

Mai apare şi faptul că în studierea optimizării activităţii unui domeniu nu totdeauna se dispune de calculatoare foarte perfecţionate. Se pot neglija, în acest caz, atîtea funcţii de influenţă ale diferitelor domenii, în ordinea neimportanţei lor, încît să se poată cuprinde cele reţinute pe calculatorul disponibil, astfel că metoda poate fi aplicabilă pentru calculatoare cu orice posibilităţi, la nevoie şi fără calculatoare, utilizînd posibilităţi manuale de calcul, rezultatul fiind, desigur, cu atît mai aproximativ.

Partea grea a procedeului este stabilirea criteriului de selecţie a domeniilor cu conexiuni tari pentru a le reţine. Întrucît pentru aceasta nu este elaborată o metodă generală, problemele se rezolvă de la caz la caz.

Funcţiile de influenţă g_{ji} (x_{ji}) sînt în general neliniare şi nedeterminabile analitic, ceea ce face ca metodele programării dinamice să fie cele mai adecvate pentru optimizarea costului activităţii domeniului i.

Chiar dacă sînt determinabile analitic, aceste funcţii de influenţă nu sînt totdeauna convexe şi, deci, nu pot fi aplicate metodele analitice ale programării convexe pentru determinarea minimului.

În cazul alimentării cu putere reactivă a unui consumator, funcţiile de influenţă g_{ji} care se iau în consideraţie sînt costurile puterilor reactive livrate de diferite surse din nodurile sistemului electroenergetic pentru acel consumator, iar g_{ii} reprezintă costul alimentării cu putere reactivă a consumatorului prin instalarea unei surse de compensare proprie (funcţie de influenţă proprie).

Teoretic, un consumator poate fi alimentat din oricare nod al sistemului, indiferent dacă în acel nod este amplasată o centrală electrică sau numai o sursă de putere reactivă.

Este interesant de analizat dacă puterea reactivă produsă de o sursă de producere numai a puterii reactive într-un nod este economic să fie transportată în alt nod, în loc să fie produsă numai în nodul în care este şi consumată.

Considerăm cazul alimentării unui consumator i dintr-un nod oarecare j şi din sursa sa proprie, cu notaţiile din figura 1, în care se neglijează pierderile de putere reactivă pe elementul de reţea de transport, ca şi influenţa lor asupra funcţiei costului.

Funcţia costuri şi restricţiile în acest caz sînt :

$$\varphi = C_j\, Q_{ji} + K \frac{R_{ji}}{U_j\, U_i} Q_{ji}^2 + C_i Q_{ii} \tag{3}$$

$$A = Q_{ji} + Q_{ii} - Q_i = 0. \tag{4}$$

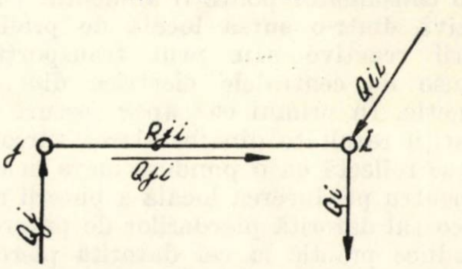


Fig. 1

Partea pătratică a funcţiei are coeficientul variabilei pozitiv şi, deci, este covexă, astfel încît putem aplica teorema lui Lagrange pentru minimizarea funcţiei costuri :

$$L = \varphi + \lambda\, A \tag{5}$$

Se obţine

$$\frac{\partial L}{\partial Q_{ji}} = C_j + 2\,K\,\frac{R_{ji}}{U_j U_i} Q_{ji} + \lambda = 0 \qquad (6)$$

$$\frac{\partial L}{\partial Q_{ii}} = C_i + \lambda = 0 \qquad (7)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = Q_{ji} + Q_{ii} - Q_i = 0 \qquad (8)$$

Din (6), (7) şi (8), printr-o serie de operaţii algebrice elementare se obţine :

$$Q_{ji} = (C_i - C_j)\,\frac{U_j\,U_i}{2\,KR_{ji}} \qquad (9)$$

Relaţia (9) verifică faptul că se poate livra putere reactivă în condiţii economice de la un nod la altul dacă costul specific al puterii reactive produsă în nodul care livrează este mai mic decît în cel care primeşte.

Avînd în vedere că producerea şi consumul energiei electrice au loc la tensiuni pînă la 20 kV, cu excepţia unor consumatori foarte mari, alimentaţi la tensiuni pînă la 110 kV, care vor fi trataţi separat, iar pentru transportul de la sursele de producere la consumatori se utilizează linii de tensiuni mult mai înalte, alimentarea cu putere reactivă a unui nod consumator din alte noduri cu surse numai pentru producerea puterii reactive nu poate avea loc decît dacă puterea reactivă circulă prin transformatoare ridicătoare şi coborîtoare şi prin linii de transport. Mai apare posibilitatea de alimentare de la un nod la altul într-o reţea radială cu mai multe noduri consumatoare. Din relaţia (9) se vede că primul caz se exclude, deoarece puterea reactivă este produsă şi consumată la aproximativ aceeaşi tensiune nominală, deci cu C_i şi C_j apropiate ca valoare, şi apar între ele rezistenţe de transfer mari. De asemenea, şi din punct de vedere tehnic (reglajul tensiunilor) nu se poate admite această circulaţie de putere reactivă.

Într-o reţea radială pot apărea două cazuri :

— Alimentarea de la un nod la altul la aceeaşi tensiune ; în acest caz, se poate considera, pentru compensarea cu condensatoare, $C_i \simeq C_j$; deci transferul de putere reactivă nu este economic.

— Alimentarea de la un nod cu tensiune mai mare la un nod cu tensiune mai mică. În acest caz costul specific al puterii reactive produse la nodul cu tensiune mai mare este mai mic faţă de cel de la nodul cu tensiune mai mică, de unde rezultă că această alimentare poate fi economică şi, deci, trebuie luată în consideraţie ca o soluţie posibilă.

Aportul în alimentarea nodului cu tensiune mai mică de la cel cu tensiune mai mare depinde de rezistenţa de transfer dintre cele două noduri, care datorită transformatoarelor existente în mod obligatoriu nu este prea mică. Alimentarea de la un nod cu tensiune mai mică la un nod cu tensiune mai mare este inadmisibilă tehnic şi neeconomică.

Din consideraţiile anterioare rezultă că un nod consumator poate fi alimentat cu putere reactivă numai din sursă proprie de compensare sau din centralele electrice din sistemul energetic, care au costul specific de producere a puterii reactive mult mai mic decît sursele proprii de compensare. Mai apar nodurile de pe reţeaua radială cu tensiune mai mare decît a nodului consumator considerat, dar al căror aport nu este prea mare.

Pentru a aduce problema într-o formă uşor rezolvabilă este necesar să se selecteze centralele cu un aport mare în alimentarea consumatorului considerat şi, cu acestea o dată reţinute, să se realizeze alimentarea lui optimă.

Evaluarea costului puterii reactive livrată de sistemul electroenergetic pentru consumatorul considerat

Se consideră că consumatorul studiat este alimentat din sistemul electroenergetic după criteriul dispecerului economic. În alimentarea acestui consumator, cu respectarea criteriului de mai sus, participă teoretic toate centralele electrice racordate la sistemul electroenergetic, dar un aport esenţial îl au numai cîteva centrale, acest aport depinzînd de costul specific al puterii reactive livrată la bornele fiecărei centrale şi de distanţa electrică a centralei respective faţă de consumator.

În stabilirea unui criteriu de selectare a centralelor cu aport esenţial în alimentarea consumatorului, considerăm că în sistem există conectată numai o centrală şi consumatorul considerat. Pierderile de putere activă în acest caz sînt :

$$P_{ji} = R_{ji}\,\frac{Q_{ji}^2}{U_j\,U_i} \qquad (10)$$

în care

R_{ji} este rezistenţa de transfer între nodurile j şi i ;

Q_{ji} — puterea reactivă livrată de nodul j pentru nodul consumator i ;

U_j, U_i — tensiunile nodurilor j şi i raportate la o tensiune de bază.

Dacă luăm în consideraţie, pe rînd, fiecare centrală care alimentează cu putere reactivă consumatorul i, ajungem, pentru acest caz, la o schemă echivalentă a sistemului, de forma din figura 2, iar pierderile în sistem sînt :

$$P = \sum_{\substack{j=1\\ j\neq i}}^{n} R_{ji}\,\frac{Q_{ji}^2}{U_j\,U_i} \qquad (11)$$

Considerînd C_j costul specific al livrării puterii reactive la bornele generatoarelor din nodul j, costul total al alimentării consumatorului i va fi:

$$Z = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n} C_j Q_{ji} + K \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n} R_{ji} \frac{Q_{ji}^2}{U_j U_i} \qquad (12)$$

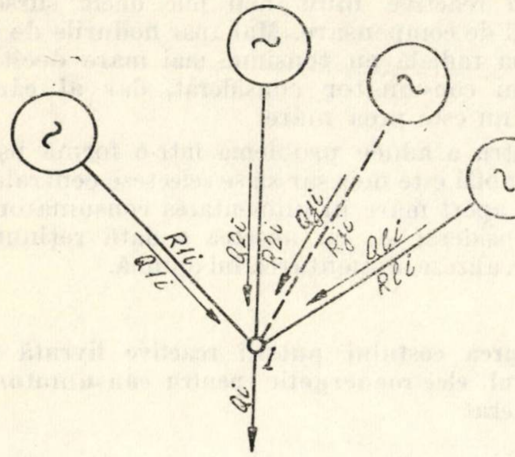


Fig. 2

Funcția de costuri (12) este o funcție convexă și o putem minimiza prin aplicarea teoremei lui Lagrange, cu restricția:

$$\sum_{j=1}^{n} Q_{ji} = Q_i\,; \quad j \neq i \qquad (13)$$

Teorema lui Lagrange (5) furnizează relațiile:

$$\frac{\partial L}{\partial Q_{ji}} = C_j + 2K\, R_{ji} \frac{Q_{ji}}{U_j U_i} + \lambda = 0 \qquad (14)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = \sum_j Q_{ji} - Q_i = 0 \qquad (15)$$

Din (14) rezultă:

$$C_1 + 2K \frac{R_{1i}}{U_1 U_i} Q_{1i} = C_2 + 2K \frac{R_{2i}}{U_2 U_i} Q_{2i} =$$

$$= C_j + 2K \frac{R_{ji}}{U_j U_i} Q_{ji} = \ldots = -\lambda \qquad (16)$$

Costul specific al producerii puterii reactive în centrale este mult mai mic față de cel datorat transportului unei unități de putere reactivă de la sursă la consumator. Pentru analiza surselor din sistem vom considera două aproximații:

— costul specific al producerii puterii reactive este același pentru toate sursele din sistem;

— tensiunile U_j din toate nodurile generatoare, raportate la o tensiune de bază, sînt egale între ele.

Cu aceste aproximații se ajunge la următoarea relație de selecție a surselor esențiale:

$$Q_{ji} = \frac{Q_i}{R_{ji} \sum\limits_{j=1}^{n} \frac{1}{R_{ji}}}\,; \qquad j \neq i \qquad (17)$$

Dacă nu se luau în considerație cele două aproximații, se ajungea la relația mai exactă, dar mult mai complicată:

$$Q_{ji} = \frac{Q_i}{R_{ji}} \frac{U_j U_i}{\sum\limits_j \frac{U_j U_i}{R_{ji}}} + \frac{U_j U_i}{R_{ji}} \sum_{\substack{K=1 \\ K \neq j,i}}^{n} C_K \qquad (18)$$

Relația (17), pusă sub forma:

$$\frac{Q_{ji}}{Q_i} 100 = \frac{1}{R_{ji} \sum\limits_j \frac{1}{R_{ji}}} 100 \qquad (19)$$

dă posibilitatea selecției centralelor cu un aport esențial în alimentarea consumatorului i.

Pentru selectarea cu relația (19) a centralelor esențiale, sînt necesare o serie de calcule elementare și se observă că proporțiile se păstrează, indiferent de valoarea Q_i, datorită liniarității relației (19). Se rețin centralele care au un aport, în procente, peste unul prestabilit anterior, iar după selectarea surselor se reia repartiția optimă a puterii reactive livrate numai de centralele cu aport esențial și de sursa locală de compensare, renunțînd la cele două ipoteze simplificatoare.

S-a ajuns la o schemă radială de alimentare a consumatorului i, în care s-au reținut l centrale de forma din figura 3.

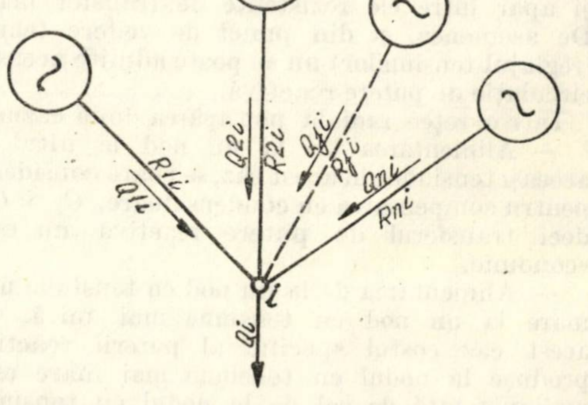


Fig. 3

Stabilirea puterii reactive optime de compensat la bornele consumatorului

În alimentarea cu putere reactivă a consumatorului considerat nu interesează prea mult cît livrează fiecare centrală din cele reținute, ci puterea reactivă de compensat necesară a fi instalată la bornele lui. În pocesul de calcul al optimizării, pe lîngă puterea optimă de compensat rezultă şi puterea optimă pe care o livrează fiecare centrală reţinută din sistem.

Funcţia obiectiv realizată din evaluarea costului total al alimentării cu putere reactivă a consumatorului este :

$$\varphi = C_i Q_{ii} + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n} C_j Q_{ji} + K \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n} R_{ji} \frac{Q_{ji}^2}{U_j U_i} \quad (20)$$

însoţită de restricţia

$$\sum_{j=1}^{n} Q_{ji} + Q_{ii} - Q_i = 0 \qquad j \neq i \quad (21)$$

Dacă mărimile C_j, U_j, U_i şi C_i ar fi constante în raport cu Q_{ji} şi Q_{ii}, întrucît relaţia (20) este o funcţie convexă, minimizarea s-ar rezolva foarte simplu şi uşor utilizînd metoda multiplicatorilor lui Lagrange.

Mărimile C_j se consideră constante deoarece soluţia optimă de alimentare nu este prea sensibilă la variaţii mici ale lor. Aceste mărimi, care reprezintă costurile specifice ale puterii reactive livrate ca o producţie secundară la bornele centralelor, sînt neînsemnate faţă de costurile de transport ale unităţii de putere reactivă de la sursele din sistem la consumator.

Mărimea C_i nu este constantă în raport cu Q_{ii}, dar, dacă nu luăm în consideraţie o valoare medie constantă, valoarea ei va fi cea stabilită experimental, neanalitic.

Tensiunile U_j sînt, cu o bună aproximaţie, constante, deoarece sînt tensiunile de la bornele unor centrale electrice care sînt menţinute constante, prin mijloace automate de reglare, la variaţii ale puterilor în apropierea celor nominale.

Tensiunea U_i de la bornele consumatorului nu poate fi considerată constantă. Ea depinde mult de puterea reactivă primită din sistem şi de cea produsă local. Se pot determina curbe experimentale de variaţie a acestei tensiuni şi, în procesul de optimizare, se va ţine cont de ele ca de nişte restricţii.

Toate consideraţiile formulate duc la utilizarea, în vederea optimizării, a metodei ecuaţiei funcţionale a programării dinamice.

Funcţia-obiectiv poate fi pusă sub forma :

$$Z = g_1(Q_1) + g_2(Q_2) + \ldots g_{N-1}(Q_{N-1}) + g_N(Q_N) \quad (22)$$

în care $Q_1, Q_2, \ldots, Q_{N-1}$ sînt puterile pe care le debitează centralele reţinute din sistem, iar Q_N este puterea instalată local. Această formă permite ca un proces static să fie dotat, în mod artificial, cu o proprietate temporală, punînd condiţia ca alocaţiile să fie efectuate una cîte una. Mai întîi se repartizează o cantitate de resurse activităţii a $N-a$, apoi activităţii a $N-1-a$ şi aşa mai departe, ceea ce duce la un proces de repartiţie dinamic.

Dacă notăm cu

$$f_N(Q) = \min_{\{Q_j\}} Z(Q_1, Q_2, \ldots, Q_N) \quad (23)$$

în care

$$Q_j \geqslant 0 \;\; \sum_j Q_j = Q_i \quad (24)$$

se ajunge la relaţia de recurenţă

$$f_N(Q) = \min_{0 \leqslant Q_N \leqslant Q_i} [g_N(Q_N) + f_{N-1}(Q_i - Q_N)] \quad (25)$$

Deoarece $g_i(0) = 0$, rezultă

$$f_N(0) = 0 \qquad N = 1, 2, 3 \ldots \quad (26)$$

De asemenea, este evident că

$$f_1(Q) = g(Q) \quad (27)$$

Întrucît s-a renunţat la metode care utilizează calculul diferenţial şi, prin aceasta, s-a renunţat la necesitatea reprezentărilor analitice, se pot utiliza curbe practice sau reprezentări tabelare şi, pentru necunoscute, se folosesc valorile rezultate din intervalele finite

$$Q = 0, \Delta, 2\Delta, \ldots\ldots R\Delta = Q_i \quad (28)$$

Fiecare termen din şirul $f_N(Q)$ va fi evaluat şi tabelat numai pentru aceste puncte.

Maximizarea din (25) este efectuată printr-o enumerare directă a cazurilor şi compararea valorilor, fără a recurge la calcul. Sînt necesare cîteva precizări în legătură cu paşii de calcul.

Dacă $N = 1$, relaţia (25) se reduce la (27). Se înmagazinează în memoria calculatorului mulţimea valorilor şirului $f_1(K\Delta)$, $K = 1, 2, 3 \ldots R$.

Pentru $N = 2$, relaţia (25), pentru o mulţime discretă de valori ale variabilei Q, devine

$$f_2(Q) = \min_{(K=1,2,3 \ldots R)} [g_2(K\Delta) + f_1(Q_i - K\Delta) \quad (29)$$

Pentru începerea procesului de maximizare, calculatorul electronic evaluează $g_2(0) + f_1(Q_i)$ şi $g_2(\Delta) + f_1(Q_i - \Delta)$, compară apoi cele două valori şi reţine pe cea mai mică. Se calculează apoi $g_2(2\Delta) + f_1(Q_i - 2\Delta)$, care este comparată cu valoarea reţinută anterior, fiind reţinută cea mai mică dintre ele. Procesul continuă pînă ce K a trecut prin toate valorile permise.

În cursul acestui proces de căutare se determină şi cea mai mică valoare pentru $f_2(Q)$ din (29), dar şi valoarea lui Q_2 pentru care s-a obţinut valoarea minimă a funcţiei (29). Se continuă calculul pentru $f_3(Q)$ şi aşa mai departe.

Schema logică de calcul

Se foloseşte relaţia de recurenţă (25) pentru a calcula o funcţie tabelară $f_k(Q)$ cu ajutorul $f_{k-1}(Q)$. Pentru a evita scrierea unui şablon separat în determinarea funcţiei $f_1(Q)$ se defineşte $f_0(Q)$ ca identic $= 0$. Se poate acum determina $f_1(Q)$ cu ajutorul lui $f_0(Q)$, la fel cum se determină $f_k(Q)$ din $f_{k-1}(Q)$.

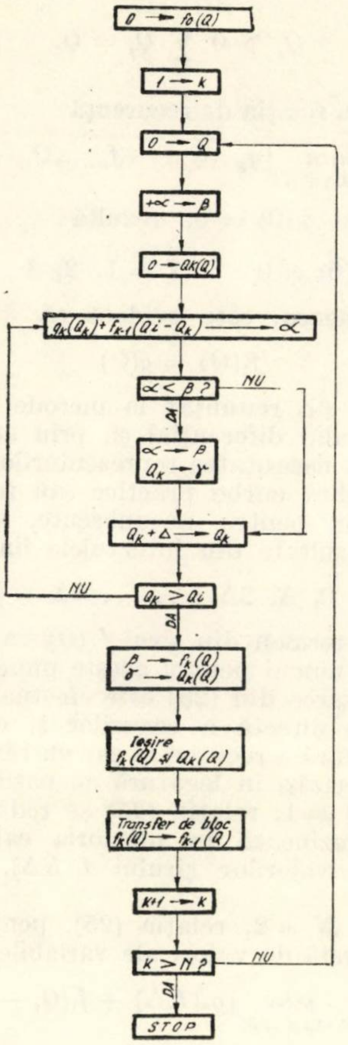


Fig. 4

Se notează prin indicele k numărul activităţilor luate în consideraţie. La început se consideră o problemă care conţine o singură activitate şi se va mări indicele k pe măsură ce calculul progresează.

Se va introduce un cost de ecart β, care va fi considerat „cel mai mic cost pînă la această etapă'', prin aşezarea de la început la un număr pozitiv foarte mare (teoretic $+\infty$, practic un număr foarte mare).

Acest număr va fi considerat ca fiind „decizia cea mai bună pînă acum'', chiar dacă este prima decizie. Aceasta este un artificiu introdus în scopul de a evita tratarea primului pas al procesului ca un caz special.

Cu aceste precizări, schema logică de calcul este cea din figura 4.

Concluzii

S-a căutat un criteriu de selecţie a amplasării surselor de putere reactivă necesare compensării consumului de putere reactivă în reţelele electrice. Metoda de calcul expusă poate fi aplicată la reţelele electrice radiale, ţinînd cont de aportul întregului sistem, şi poate da rezultate bune în legătură cu montarea de condensatoare statice.

Datorită simplităţii criteriului de selecţie a surselor din sistem care au un aport esenţial în alimentarea cu putere reactivă a unui consumator, metoda poate fi aplicată şi de către întreprinderile de electricitate din ţară care posedă mijloace mai modeste de calcul.

Bibliografie

[1] R u e l l e, G. Influence de la production d'énergie réactive sur les alternateurs. Bull. SFE—I—8-e, 12, 1960.

[2] D i m o, P a u l. Analiza nodală a sistemelor electroenergetice. Editura Academiei R.S.R., Bucureşti, 1968.

(Articol intrat în redacţie la 23 noiembrie 1970)

◆

Model matematic și program pentru preliminarea repartizării teritoriale a consumului de energie electrică prin metoda Monte Carlo

Ing. E. Costin
și ing. A. Rothman*)

1. Generalități. Încadrarea problemei

1.1. Studiile pentru planificarea dezvoltării sistemelor energetice cuprind în prima etapă o preliminare a solicitării de putere și energie electrică în limitele unei zone stabilite. Rezultatele acestei preliminări servesc în continuare la prevederea necesităților de putere instalată suplimentară pentru acoperirea creșterilor de consum, la prevederea necesităților de combustibil ale centralelor electrice, precum și la determinarea încărcării liniilor de transport între sursele de energie electrică și nodurile consumatoare în scopul de a prevedea eventuala necesitate a unor artere suplimentare.

Dacă pentru primele două scopuri sînt suficiente preliminări globale, dezvoltarea rețelelor sistemului nu poate fi prevăzută fără ca evoluția necesarului de putere și energie electrică să fie localizate în puncte determinate. Așadar, în studiile de planificare a sistemelor apare necesitatea repartizării teritoriale a valorilor de consum calculate în perspectivă.

1.2. Trebuie subliniat că optimizarea dezvoltării rețelelor în perspectivă sau planificarea rețelelor, chiar dacă acoperă o perspectivă foarte îndelungată, are de fapt un scop concret : să creeze cadrul pentru echiparea în viitorul imediat (1—3 ani) a unor instalații care să reprezinte cele mai avantajoase soluții din punctul de vedere al perspectivei.

Reactualizarea periodică a studiilor permite de fiecare dată să se ia în considerare cele mai noi informații acumulate și să se corecteze în mod corespunzător concepțiile generale stabilite anterior. Aceste reactualizări permit, de asemenea, să se aprecieze calitatea soluțiilor adoptate mai înainte ; menținerea soluțiilor adoptate în etapele precedente, deci stabilitatea în timp a soluțiilor furnizate, este indiciul cel mai concludent al faptului că alegerea a fost judicioasă, că soluțiile alese răspund atît criteriului optimalității economice, cît și condițiilor de elasticitate necesare în practică.

1.3. În perioada în care planificarea sistemului energetic avea loc prin metode preponderent empirice, părerea că metodele analitice de calcul sînt cele mai adecvate necesităților avea cea mai largă răspîndire. Metodele analitice, după cum se știe, se bazează pe analiza (și preliminarea) consumului fiecărui consumator în parte, urmată de însumarea în final a mărimilor astfel rezultate. Avînd în vedere analiza individuală a consumurilor, este evident că soluțiile problemei repartizării teritoriale se obțineau direct din amplasarea fiecăruia dintre consumatorii analizați ; în acest mod elementele pentru repartiția teritorială se obțineau direct, însăși problema repartizării teritoriale nu se mai punea în mod distinct. Prin aceste operații, acțiunea de preliminare, care prin natura sa este de tip probabilistic (fenomenele cuprinse fiind aleatorii), era convertită în mod artificial într-o acțiune de tip determinist : se lua în considerare pentru viitor numai ce se știa, iar ce nu se știa se presupunea că nu se va întîmpla.

O dată cu progresele făcute în înțelegerea fenomenelor care au loc în legătură cu procesele de preliminare (care în mod evident nu pot fi încadrate în limitele proceselor deterministe), deci o dată cu pătrunderea conceptelor probabilistice în prognoza dezvoltării sistemelor, s-a putut observa că în fapt metodele sintetice de prognoză a consumului sînt cele mai accesibile atît ca volum de lucru cît și — în special — ca exactitate, astfel că metodele analitice de prognoză au ajuns treptat să fie părăsite. Prin aceasta însă, operația de repartizare pe teritoriu a consumului preliminat s-a separat ca operație distinctă, ulterioară prognozei globale a consumului.

1.4. În lipsa unor mijloace de calcul adecvate, dificultățile de tratare probabilistică a repartizării teritoriale în viitor aleatoriu au fost ocolite prin efectuarea repartiției teritoriale pe baze empirice : anchete analitice la virtualii consumatori, urmate de însumări de consum pe centre și ajustarea totalului rezultat, pînă la coincidența cu valorile rezultate din prognozele sintetice (considerate mai sigure). Acest mod de abordare a problemei introduce însă, așa cum se poate lesne observa, erori sistematice în calculele ulterioare menite să optimizeze structura rețelei electrice. Într-adevăr, în condiții de informații insuficiente asupra viitorului, tratarea acestuia într-o singură variantă, despre care nu se poate măcar preciza că este obiectiv cea mai probabilă (sau că are o anumită probabilitate de realizare cunoscută), conduce la soluții de rețea care nu oferă un grad de încredere evaluabil (încredere în sens probabilistic). Soluția obținută poate fi foarte bună, dar există șanse (nu se știe măcar cîte !) ca dezvoltarea efectivă a consumului să se abată de la cea considerată și astfel soluția de rețea dedusă să se abată de la soluția optimală.

1.5. O dată cu dezvoltarea mijloacelor de calcul de mare capacitate și cu progresele făcute în cercetarea operațională, a apărut posibilitatea de a căuta rezolvarea, pe baze principial noi, a problemei repartizării teritoriale a consumului de perspectivă. În lucrarea de față se va încerca prezentarea unui model matematic, a unui algoritm și a unui program care caută soluția problemei de repartiție teritorială cu ajutorul simulării Monte Carlo a fenomenului real.

---

*) Ing. Emil Costin este proiectant principal la I.S.P.E. ; ing. Aurel Rothman este cercetător principal la ICENERG.

1.6. Analiza evoluției în timp a consumului de energie electrică și a repartizării sale teritoriale scoate în evidență o serie de legături (de natură statistică, bineînțeles) între parametrii fenomenului, legături care reprezintă tot atîtea restricții ale problemei. Plecînd de la aceste legături caracteristice, se poate modela în mod simplificat, dar cu nivelul de aproximare dorit, fenomenul propriu-zis.

2. Preliminarea consumului de energie electrică

Analiza consumului de energie electrică arată că totalitatea consumatorilor poate fi împărțită în două grupe principale :

— consumatori mici, a căror comportare statistică poate cădea sub influența legii statistice a numerelor mari ;

— consumatori mari, a căror comportare (apariție, creștere) este mai curînd asimilabilă legii evenimentelor rare.

Desigur că delimitarea concretă între aceste două categorii conține o doză oarecare de arbitrar. Totuși, această delimitare este deja legiferată pentru scopuri diverse, de exemplu pentru scopuri de tarifare (în țara noastră, conform HCM nr. 2763/1968, granița o formează puterea de 50 kW ; peste această putere, consumatorii cad sub incidența unui tarif binom pentru energia electrică consumată).

Adîncirea analizei evidențiază în continuare deosebiri nete de structură între consumatorii mici și cei mari. Astfel, în timp ce în categoria micilor consumatori se încadrează în primul rînd consumatorii casnici, apoi consumatorii artizanali (mici meșteșugari) și o parte a consumatorilor comerciali, în categoria marilor consumatori se încadrează consumatorii cu profil industrial sau asimilat, unitățile de prestări (transporturile, telecomunicațiile, iluminatul public, uzinele de apă etc.), cele de construcții, marii consumatori din agricultură, principalele instituții social-culturale. Analiza cantitativă a fenomenului poate urmări evoluția fiecăreia dintre aceste categorii și prin urmare poate furniza elemente pentru prevederea cursului viitor al evoluției lor.

O altă constatare pregnantă este aceea că unitățile consumatoare de energie electrică mici sau mari — cu foarte rare excepții, ca, de exemplu, instalațiile pentru irigații — se grupează totdeauna în zona sau în imediata vecinătate a centrelor populate.

Este evident că constatările calitative de mai sus îmbracă în practică aspecte cantitative determinate. Astfel, se constată legături între amplasarea localităților și consumul de energie electrică al acestora (un sat de 100 locuitori nu va atinge o cerere de putere de 50 MW, după cum nici un oraș de 100 000 locuitori nu va putea fi satisfăcut cu puterea de 100 kW !). Se constată, de asemenea, legături între rapiditatea creșterii consumului într-o localitate și viteza sporului de populație, dezvoltarea vieții economice punîndu-și amprenta asupra atragerii populației către centrele mai active. Sînt evidente, de asemenea, legături între resursele naturale ale unei zone, rapiditatea creșterii populației și a consumului de energie electrică din acea zonă. Asemenea legături ar putea fi evidențiate în continuare. Ele reprezintă criterii care caracterizează fenomenul și servesc la elaborarea modelului de repartizare teritorială a consumului.

3. Modelul

3.1. Pentru modelarea repartizării teritoriale a unui anumit consum, se consideră necesară trecerea de la teritoriul privit ca suprafață continuă la teritoriul privit ca o acumulare de puncte discrete de consumatori. În acest scop se caroiază suprafața analizată, împărțindu-se în patrulatere (în mod normal, fie pătrate, fie dreptunghiuri pentru care $1 - b/h = \varepsilon$, ε fiind cît mai mic), fiecare patrulater fiind înlocuit prin centrul său de greutate. Sarcina electrică conținută în patrulater se afectează centrului acestuia. Suprafața studiată este înlocuită astfel de o secvență finită de puncte date prin coordonatele lor.

Alegerea dimensiunilor patrulaterelor rezultă din confruntarea a două influențe contradictorii : pe de o parte, reducerea suprafeței acestora (în anumite limite, nu pînă la zero) permite să se modeleze mai exact situația reală ; pe de altă parte, însă, creșterea numărului punctelor de pe suprafață îngreuiează calculele și luarea în considerare a unor variante multiple.

Limitele inferioare ale patrulaterelor trebuie astfel alese, încît suprafața unitară a fiecăruia să poată circumscrie concentrările de populație (sate, orașe), cîte unul într-un patrulater, evitîndu-se concentrarea într-un singur pătrat a mai multor localități mari diferite.

Desigur, pentru studii preliminare care acoperă suprafețe foarte mari se pot alege și suprafețe de patrulatere unitare care să se abată de la această regulă, însă în acest caz și amplasarea pe teritoriu va rezulta mai puțin precis.

3.2. Pentru fiecare punct al zonei studiate se cere să se cunoască următoarele informații referitoare la anul de bază :

— populaţia totală;

— consumul de energie electrică total şi pe componente structurale (eventual, este suficientă defalcarea pe mici şi mari consumatori).

Pentru întreaga zonă este necesar să se cunoască cît mai multe infomaţii referitoare la evoluţia de perspectivă a nivelului social-economic, la orientarea concentrărilor de populaţie, la prevederile de dezvoltare diferenţiată a diverselor sale părţi. Este de dorit să se localizeze cît mai exact toate aceste prevederi, spre a putea fi folosite ulterior sub formă numerică. Toate aceste informaţii pot fi obţinute numai de la forurile de conducere administrativ-economică ale zonei. În cazul în care tendinţele de perspectivă nu se cunosc sub o formă explicită (studii, materiale închegate), ele pot fi obţinute prin anchete rapide de tip Delphi (chestionarea adecvată a celor mai reprezentativi specialişti ai zonei în domeniul studiat).

3.3. Pasul următor este reprezentat de precizarea preliminării populaţiei din zonă în perioada studiată. În această direcţie sînt posibile multiple opţiuni, începînd cu acordarea unui ritm constant de creştere pe toată perioada şi în toată zona. Pot fi luate în considerare, de asemenea, ritmuri diferite de creştere a populaţiei pe suprafaţă, în funcţie de importanţa localităţilor sau în timp. Un model care merită atenţie este acela în care ritmul viitor de sporire a populaţiei într-o localitate (într-un punct) depinde de creşterea anterioară a consumului în acel punct; în localităţile cu dezvoltare economico-socială rapidă populaţia creşte prin aflux sporit din exterior.

3.4. După culegerea tuturor informaţiilor referitoare la zona geografică studiată şi la prognoza populaţiei, se trece la preliminarea consumului pe teritoriu.

În acest scop, se consideră că consumul este compus din două părţi principale:

— consumul micilor consumatori, care poate fi aproximat sub formă specifică (consum pe locuitor);

— consumul marilor consumatori, a căror amplasare determină modificarea importantă a consumului într-un punct sau altul din zonă.

Fiecare dintre aceste două părţi principale poate fi, la rîndul ei, descompusă în multiple componente structurale. Nivelul de adîncire al analizei depinde de gradul de exactitate posibil de obţinut în calcule, de volumul de informaţii disponibil, de timpul disponibil pentru calcule etc. În general, în primă aproximare defalcarea numai pe cele două componente menţionate poate fi considerată suficientă.

Pentru întreaga zonă analizată, prognoza consumului de energie electrică se face prin metode cunoscute, care nu formează în general obiectul acestui articol. Dacă este vorba de o prognoză la nivelul întregii ţări sau al unor regiuni importante din ţară, pot fi adoptate metode sintetice globale [1], [2]. Dacă însă prognoza se referă la zone de suprafaţă (şi consum) relativ reduse, prognoza de ansamblu — absolut necesară, deoarece ea furnizează mărimea de repartizat pe teritoriu — trebuie efectuată printr-o metodă adecvată, plecînd de la datele globale ale ţării sau regiunii din care face parte zona respectivă. În ultimă analiză, această prognoză poate reprezenta o primă treaptă a repartizării teritoriale a consumului pe întreaga ţară (suprafaţa întregii ţări se împarte în puncte corespunzătoare zonelor, pentru care se obţine, prin prezentul model, repartizarea teritorială a consumului; apoi, plecînd de la ansamblul-zonă, se continuă amănunţirea repartizării teritoriale pînă la nivelul dorit).

3.5. Repartizarea pe teritoriu a consumului micilor abonaţi are la bază principiul consumului specific: consumul este considerat proporţional cu populaţia fiecărui punct, coeficientul de proporţionalitate — consumul specific (kWh/locuitor) — putînd fi acelaşi pentru întreaga zonă, sau diferenţiat după anumite criterii la latitudinea programatorului. Diferenţierea este recomandabilă pentru studii de amănunt; în general nu se recomandă prea multe trepte de diferenţiere. (Se poate considera diferenţierea după numărul populaţiei, în trepte. De exemplu, între 0 şi 100 locuitori — N kWh/locuitor; între 100 şi 1000 locuitori — 1,3 N kWh/locuitor; între 1000 şi 20 000 locuitori — 1,5 N kWh/locuitor; peste 20 000 locuitori — 2 N kWh/locuitor.)

Diferenţierea se poate face pe criterii de structură. În loc să se considere micii consumatori ca o categorie omogenă, grupa poate fi descompusă în mai multe subgrupe, cărora să li se atribuie consumuri specifice diferite, cu evoluţii proprii etc. De aici trebuie avut în vedere foarte atent volumul disponibil de informaţii, precum şi seriozitatea şi importanţa acestora, deoarece complicarea calculelor trebuie să aibă justificări bine fundamentate.

3.6. Repartizarea pe teritoriu a consumatorilor mari pune probleme de o natură cu totul diferită. Deşi pentru suprafeţe foarte mari totalul consumului acestor consumatori poate fi considerat proporţional cu numărul populaţiei, astfel putînd fi determinat consumul tuturor marilor consumatori din zonă, acest lucru nu mai este valabil pentru fiecare punct în parte, unde consumul marilor consumatori variază în salturi (egale cu consumul de loc neglijabil al unuia dintre ei).

În ceea ce priveşte marii consumatori, aceştia pot fi grupaţi în trei categorii:

— mari consumatori existenţi în prezent (deci amplasaţi în puncte);

— mari consumatori a căror amplasare viitoare este certă şi deci pot fi prevăzuţi la locuri stabilite (printre aceştia se numără consumatorii pentru irigaţii, a căror amplasare este legată numai de considerente tehnologice);

— mari consumatori care vor apărea în viitor, dar despre care nu există informaţii concrete în momentul studiului.

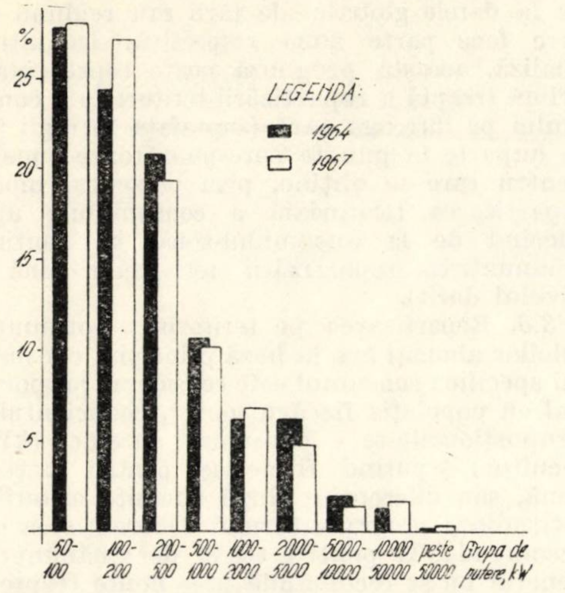


Fig. 1

Problemele de amplasare pe teritoriu se ridică numai în legătură cu aceştia din urmă. În ceea ce priveşte marii consumatori care vor apărea în viitor, nu se cunosc pentru perspectivă nici numărul şi nici dimensiunile lor individuale. De asemenea, amplasarea lor reală viitoare într-unul sau altul din punctele zonei depinde de mulţi factori, în majoritate necunoscuţi în prezent. Totodată, este evident că schimbarea locului unuia sau al mai multor asemenea consumatori are repercusiuni importante asupra profilului reţelelor, care reprezintă de fapt scopul studiului. Abstracţie făcînd de informaţiile cu privire la amplasările certe (care practic pot acoperi cel mult 2—3 ani viitori), este clar că, în cazul acestor consumatori, a merge pe o singură variantă de amplasare înseamnă a accepta riscuri foarte însemnate de erori în repartizare, cu consecinţele respective. De aceea, prezentul model rezolvă această problemă prin simularea probabilistică a fenomenului cu ajutorul metodei Monte Carlo.

3.7. Analizele statistice efectuate asupra marilor consumatori industriali (constatările se aplică, de asemenea, tuturor marilor consumatori) arată că distribuirea după mărime a acestora are o formă bine conturată, care variază relativ puţin în timp. În figura 1 se prezintă această distribuţie, obţinută pe grupe de puteri maxime absorbite, în anii 1964 şi 1967.

Distribuţia consumului aceloraşi mari consumatori pe aceleaşi grupe de puteri are o formă pronunţat bimodală, după cum se poate vedea în figura 2.

Variaţia puterii medii absorbite de un mare consumator industrial în anii analizaţi evidenţiază o anumită tendinţă de creştere care, de altfel, era de aşteptat. În cei patru ani, această creştere este de aproape 20% (de la 1070 kW la 1290 kW) sau, în medie, de 4,6% anual.

Valorile menţionate ar putea fi luate în considerare în studii preliminare. Pentru studii de precizie ridicată se consideră oportune analize mai aprofundate şi mai extinse, care să evidenţieze tendinţa pe o perioadă mai îndelungată.

Presupunînd că în modul descris mai înainte sînt cunoscute atît distribuirea pe puteri maxime absorbite a numărului marilor consumatori, cît şi puterea medie a acestora, se procedează astfel:

a) Se stabileşte volumul total al consumului marilor beneficiari în zona studiată (prin metode sintetice, globale, sau prin defalcare din consumul total al ţării, regiunii).

b) Dintr-o populaţie cu distribuţie de tipul din figura 1, ajustată astfel încît să dea puterea medie a unui consumator prevăzută pentru etapa studiată, se trage la sorţi cîte un consumator (respectiv acestuia i se alocă o putere maximă); procesul se întrerupe în momentul în care suma tuturor valorilor de putere afectate consumatorilor deja traşi la sorţi depăşeşte

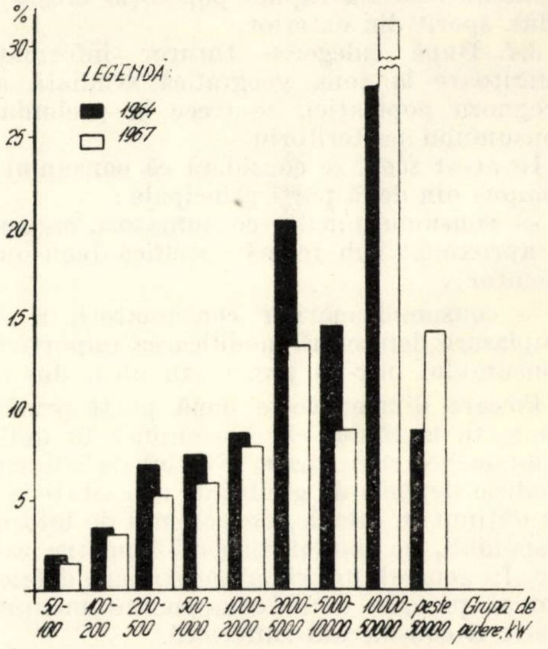


Fig. 2

pentru prima dată puterea globală prevăzută pentru întreaga zonă (conform punctului *a*). Ultimului consumator nu i se alocă puterea obţinută prin tragere la sorţi, ci o putere mai mică, calculată astfel încît suma tuturor puterilor maxime să nu mai depășească (ci să devină egală cu) puterea globală prevăzută la punctul *a*.

c) Cubra de distribuție de tipul din figura 1 (denumită și curbă de tip *J*) poate fi aproximată în multiple feluri, după gradul de aproximație dorit în calcule. Astfel, se pot lua intervale în care puterea să fie considerată constantă și egală cu centrul intervalului (de exemplu, pentru intervalul 50—100 kW să se considere puterea de 75 kW); se poate considera, de asemenea, o variație liniară în interiorul fiecărui interval, și în acest caz curba în *J* devine o curbă aproximată prin segmente de dreaptă, iar puterile fiecărui mare consumator tras la sorți vor diferi între ele.

d) Se alocă, printr-un proces de alocare Monte Carlo, fiecare mare consumator (a cărui putere maximă este presupusă cunoscută) unui punct din suprafața zonei.

e) În funcție de profilul actual și de perspectivă al zonei studiate, de informațiile suplimentare existente și de anumite criterii, se introduc restricții suplimentare (condiții) la fiecare etapă a problemei. Prin aceste restricții se pot indica :

— Puterea medie a marilor consumatori, care variază în funcție de importanța social-economică a zonei studiate și de resursele de perspectivă ale acesteia.

— Curba de distribuție a numărului de mari consumatori, pe grupe de puteri, care poate fi ajustată în funcție de aceleași informații suplimentare referitoare la perspectivele generale ale dezvoltării zonei.

— Alocarea marilor consumatori trebuie să țină seamă de populația fiecărui punct, interzicîndu-se alocarea în puncte fără populație sau cu o populație sub o anumită limită inferioară. De asemenea, se pot impune limite în sensul ca un consumator foarte important să nu fie alocat unui punct cu populație foarte redusă, sau să nu apară cazuri de alocare exagerată într-un singur punct.

— Calculele pot fi astfel orientate, încît prognoza creșterii populației dintr-un punct (modelată pe principii foarte simple) să țină seama într-un an următor de eventuala apariție anterioară în acest punct a unui mare consumator.

Amplificarea numărului și extinderii restricțiilor conduce la o ameliorare a modelului în sensul unei concordanțe mai bune cu situația reală, dar totodată introduce dificultăți suplimentare de calcul. Alegerea între aceste două influențe antagoniste trebuie să aibă loc de la caz la caz, în funcție de nivelul și importanța problemei tratate, de exactitatea dorită, de posibilitățile de calcul existente etc.

3.8. În urma aplicării prevederilor modelului descris, se obține alocarea marilor consumatori rezultați prin simulare în fiecare punct al zonei studiate. Însumarea consumului acestora (putere, energie) cu consumul existent anterior în punct și cu consumul preliminat al micilor consumatori conduce la obținerea preliminării de consum în toate punctele zonei și deci la repartizarea teritorială a acestuia.

Repartizarea teritorială astfel obținută are proprietatea de a fi o repartiție teritorială realistă (posibilă în realitate), încadrabilă în legile cărora li se supune dezvoltarea consumului pe teritoriu. Despre nivelul de probabilitate al apariției reale a repartiției date nu se poate afirma, însă, nimic.

Reluarea ciclului de calcule conduce la o variantă diferită de repartizare teritorială a consumului în perspectivă, astfel încît după un număr oarecare de simulări și obținerea a tot atîtea variante posibile de repartizare teritorială a consumului se poate trece la determinarea a tot atîtea variante de alimentare a acestui consum.

Datorită regulilor care guvernează alimentarea consumatorilor, limitărilor teritoriale, instalațiilor existente și tipizării discrete a instalațiilor disponibile pentru realizarea alimentărilor noi, este de așteptat ca variantele de alimentaer a consumului în diversele repartiții teritoriale obținute să nu difere în mod esențial între ele, ba chiar mai mult, să se poată evidenția familii de variante de alimentare capabile să facă față la multiple posibilități de dezvoltare a consumului. Alegerea soluției celei mai avantajoase pentru perspectiva apropiată reprezintă în fapt optimizarea reală a procesului, deoarece prezintă cele mai multe garanții de a face față desfășurării fenomenului de dezvoltare a consumului în viitor aleatoriu.

Privind fenomenul prin această prismă, devine evident avantajul de principiu al metodei descrise în raport cu actuala metodă de preliminare empirică a unei singure variante de repartiție teritorială, variantă care este apoi pusă în mod univoc la baza preliminării dezvoltării instalațiilor de transport al energiei electrice.

4. Programul

În scopul verificării metodei expuse a fost întocmit, pe baza acesteia, un program de calcul (denumit CONSUM) care poate fi aplicat unei zone de consum regionale, alimentată prin rețele de medie tensiune (pînă la 110 kV).

4.1. Algoritmul ce a stat la baza elaborării programului a cuprins următoarele precizări (restricții) :

4.1.1. Întregul consum de energie electrică se consideră împărțit în două părți (componente) :

a) Consumul edilitar, casnic și asimilat (mici meserii etc.), ce poate fi reprezentat sub formă de consum specific (pe locuitor).

b) Consumul marilor consumatori din zonă (mari consumatori industriali şi de alte profile; construcţii, agricultură, telecomunicaţii), CIND.

4.1.2. Pentru fiecare careu (punct) al zonei se consideră cunoscute:

a) Consumul casnic, edilitar şi asimilat existent, CCAS (*I*, *J*).

b) Consumul existent al marilor consumatori, PDAT (*I*, *J*).

c) Numărul de locuitori, NLOC (*I*, *J*).

d) Indicele de creştere a consumului specific casnic, edilitar şi asimilat, INDICP (*I*, *J*).

e) Indicele de creştere a numărului de locuitori, INDEXN (*I*, *J*).

(Ultimii doi indici, *d* şi *e*, se consideră constanţi pe toată perioada de calcul.)

f) Puterea maximă a unui consumator mare, care se consideră că va putea fi amplasată în careu în perioada de calcul, PLIM (*I*, *J*).

4.1.3. Pentru toată zona este necesar să se cunoască:

a) Indicele de creştere a consumului total al marilor consumatori pe zonă, IND.

b) Curba de distribuţie a numărului marilor consumatori din zonă, în funcţie de putere.

c) Numărul de ani al perioadei studiate, MAXAN.

4.2. Preliminarea consumului casnic, edilitar şi asimilat are loc direct pentru fiecare careu, pe baza mărimilor prevăzute la subpunctele *4.1.2.c* şi *4.1.2.d*, combinate cu *4.1.2.a*.

Pentru preliminarea consumului total al marilor consumatori se utilizează mărimile de la *4.1.2.b* şi *4.1.2.a*. Pentru defalcarea acestui consum se procedează conform indicaţiilor de la subpunctele *3.7.b* — *3.7.d*.

Însumarea celor două valori rezultate pentru consumul fiecărui careu dă consumul căutat.

4.3. Schema-bloc a programului elaborat (CONSUM) este prezentată în figura 3.

Programul propriu-zis a fost scris în limbaj ALGOL pentru calculatorul ELLIOTT 4120.

În cele ce urmează vor fi semnalate unele particularităţi de elaborare a programului CONSUM.

Careurile sînt dispuse în raport cu un sistem de axe de coordonate rectangulare; se indică numărul maxim IMAX de careuri pe abscisă, *I*, şi numărul maxim JMAX de careuri pe ordonată, *J*. Curbele *MG*—1 şi *MG*—2 delimitează ordonatele superioare şi inferioare ocupate de careuri.

Determinarea puterii maxime a fiecăruia dintre consumatorii noi ce urmează să apară are loc prin alegere de numere aleatorii cu distribuţie uniformă în intervalul 1—100, cunoscînd în prealabil legătura dintre secvenţa acestor numere şi curba de la subpunctul *4.1.3.b*. Pentru alegerea numerelor aleatorii a fost utilizată rutina corespunzătoare din biblioteca calculatorului.

Fiecare putere nouă determinată se adaugă sumei celor anterioare, pînă la concurenţa valorii ce reprezintă suplimentul de putere al marilor consumatori. Cînd se atinge această valoare procesul se întrerupe.

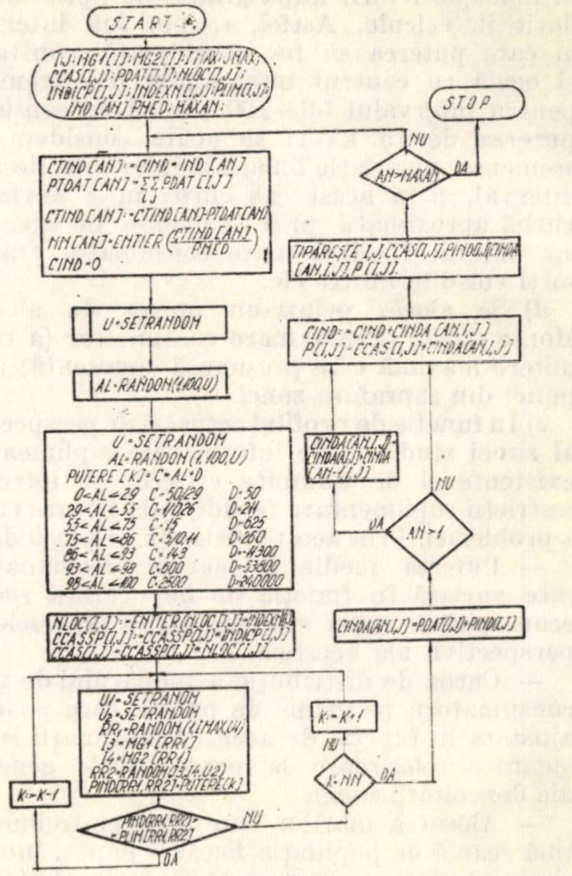

START
I,J: MG1[I]: MG2[I]: IMAX: JMAX;
CCAS[I,J]: PDAT[I,J]: NLOC[I,J];
INDICP[I,J]: INDEXN[I,J]: PLIM[I,J]:
IND[AN] PMED: MAXAN:
STOP
NU
AN>MAXAN
DA
CTIND[AN]:=CIND*IND[AN]
PTDAT[AN]=ΣΣPDAT[I,J]
CTIND[AN]:=CTIND[AN]-PTDAT[AN]
NN[AN]=ENTIER(CTIND[AN]/PMED)
CIND=0
TIPĂREŞTE I,J, CCAS[I,J], PIND[I,J], CINDA[AN,I,J], P[I,J].
U=SETRANDOM
CIND:=CIND+CINDA[AN,I,J]
P[I,J]=CCAS[I,J]+CINDA[AN,I,J]
AL=RANDOM(1,100,U)
U=SETRANDOM
AL=RANDOM(1,100,U)
PUTERE[K]=C*AL+D
0<AL≤29 C=50/29 D=50
29<AL≤55 C=1/0,26 D=211
55<AL≤75 C=15 D=625
75<AL≤86 C=3/0,11 D=260
86<AL≤93 C=143 D=-11300
93<AL≤98 C=600 D=-53800
98<AL≤100 C=2500 D=-240000
CINDA[AN,I,J]=CINDA[I,J]+CINDA[AN-1,I,J]
NU
DA
AN>1
NLOC[I,J]:=ENTIER(NLOC[I,J]*INDEXN[I,J])
CCASSP[I,J]:=CCASSP[I,J]*INDICP[I,J]
CCAS[I,J]=CCASSP[I,J]*NLOC[I,J]
CINDA[AN,I,J]=PDAT[I,J]+PIND[I,J]
U1=SETRANDOM
U2=SETRANDOM
RR1=RANDOM(1,IMAX,U1)
I3=MG1[RR1]
I4=MG2[RR1]
RR2=RANDOM(I3,I4,U2)
PIND[RR1,RR2]=PUTERE[K]
K:=K+1
NU
K=NN
DA
K:=K-1
PIND[RR1,RR2]>PLIM[RR1,RR2]
NU
DA

Fig. 3

Alocarea fiecăruia dintre marii consumatori noi a avut loc prin două procedee Monte Carlo consecutive (alocare pe abscisă şi pe ordonată), respectînd limitele suprafeţei zonei (IMAX, *MG*—1, *MG*—2). A fost utilizată aceeaşi rutină pentru numere aleatorii ca mai sus.

Alocarea se validează numai în funcţie de restricţia cuprinsă la *4.1.2.b*.

Programul prevede elaborarea unui număr dat de variante de repartiţie teritorială a consumului în aceeaşi zonă.

5. Aplicarea programului; rezultate obţinute

Aplicarea experimentală a programului CONSUM a avut loc pentru o zonă imaginară.

Astfel, au fost considerate 8 careuri, cu numărul iniţial de locuitori variabil între zero (careul 3,3) şi 5000 (careul 1,1). Sporul de populaţie a fost considerat acelaşi pe toată zona (10%), în timp ce sporul de consum specific casnic şi edilitar INDICP variază între zero şi 10%.

Perioada de calcul cuprinde două etape: anul *1* şi anul *2* (MAXAN = 2). Consumul industrial creşte pe întreaga zonă, în prima etapă cu 30%, iar în a doua cu 25%.

În afara acestor date se mai indică puterea-limită a unui consumator care poate fi alocat fiecărui careu şi care variază în exemplul nostru între zero şi 10000 kW. De asemenea, pentru fiecare careu se specifică puterea consumatorilor care urmează să apară în etapele studiate, dar sînt cunoscuţi dinainte.

Calculul a fost repetat de treizeci ori (repartizarea a avut loc în treizeci de variante). Durata de calcul a unei variante a fost de circa 30 s, inclusiv tipărirea în clar a rezultatelor aferente fiecărui careu.

Numărul mare de variante luate în considerare în acest exemplu numeric se datorează încercării de a stabili cîteva criterii de operare practică cu programul elaborat.

În tabelul *1* se prezintă valorile puterii consumului casnic total calculate pentru cele două etape de studiu în fiecare careu (acest consum este acelaşi în toate variantele), iar în tabelul 2 valorile de puteri (kW) ale noilor mari consumatori alocate fiecărui careu în primele patru variante, conform metodei aleatorii de alocare.

Tabelul 1

Careul		Consum casnic, kW	
Absc.	Ord.	Anul 1	Anul 2
1	1	1815	2195
1	2	950	1128
2	1	363	439
2	2	471	554
2	3	121	146
3	3	0	0
4	2	104	120
4	3	242	292

Deşi din tabelul 2 se constată variaţii importante de valori între variante, suprapunerea acestor consumuri peste consumurile cunoscute (sau preliminate pentru ceilalţi consumatori) în fiecare careu conduce la variaţii relativ mai reduse. Pentru ilustrare, în tabelul 3 se prezintă puterea totală pe careuri, în aceleaşi patru variante ca şi în tabelul 2.

Calcularea unui număr de 30 variante a permis să se constate că varianta medie (constituită din media pe fiecare careu a valorilor rezultate în fiecare variantă) devine relativ stabilă începînd de la 10—14 variante, astfel încît apare indicat să se calculeze cel puţin 10—14 variante în fiecare situaţie studiată.

Varianta medie, în accepţiunea de mai sus, poate fi considerată drept variantă centrală de calcul; ea nu poate fi însă socotită drept singura variantă de luat în considerare, ci din numărul variantelor determinate trebuie alese cele mai semnificative (pe alte criterii, de exemplu pe criteriul perspectivei de dezvoltare economico-socială), iar acestea trebuie să parcurgă, de asemenea, etapele stabilirii instalaţiilor necesare.

În condiţiile actuale există un număr suficient de algoritme de calcul care să permită amplasarea staţiilor electrice în zone cu ajutorul calculatoarelor, astfel încît majorarea variantelor de consum ce urmează a fi studiate nu creează dificultăţi de nedepăşit. Totodată, însă, se asigură luarea în considerare a unui cerc mult mai larg de posibilităţi de dezvoltare a consumului, în raport cu modurile de calcul actuale.

Exemplul de calcul prezentat, deşi redus ca volum şi conţinînd date imaginare, permite să se constate viabilitatea şi perspectivele metodei propuse; ea permite o modelare cît mai realist posibilă a fenomenului dezvoltării teritoriale a consumului de energie electrică.

Tabelul 2

Careul		Varianta 1		Varianta 2		Varianta 3		Varianta 4	
Absc.	Ord.	Anul 1	Anul 2	Anul 1	Anul 2	Anul 1	Anul 2	Anul 1	Anul 2
1	1	18810	0	17030	6565	19950	5832	12053	3845
1	2	7492	10010	6240	2694	10315	2092	12531	4040
2	1	2210	88	1142	958	721	177	4527	1263
2	2	1893	414	5419	0	1112	1024	184	727
2	3	449	0	1212	0	162	335	1326	0
3	3	0	0	0	0	0	0	0	0
4	2	517	0	316	123	147	308	837	88
4	3	2430	269	2440	439	1393	1013	2341	816

Tabelul 3

Careul		Varianta 1		Varianta 2		Varianta 3		Varianta 4	
Absc.	Ord.	Anul 1	Anul 2	Anul 1	Anul 2	Anul 1	Anul 2	Anul 1	Anul 2
1	1	23925	24425	22145	29211	25065	21397	17167	21513
1	2	10042	20330	8790	11762	12865	15236	15081	19399
2	1	3123	3362	2055	3164	1634	1961	5440	6854
2	2	3188	3735	6715	6848	2408	3564	1480	2340
2	3	1394	1469	2158	2233	1107	1517	2272	2347
3	3	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
4	2	621	737	420	659	250	674	941	1145
4	3	3771	4190	3782	4372	2735	3898	3683	4650

6. Concluzii

Modelul matematic propus pentru preliminarea repartizării teritoriale a consumului de energie (putere) electrică caută să se apropie cît mai mult de condițiile reale de informare existente în momentul preliminării. De aceea repartizarea consumului de energie electrică, presupus cunoscut prin alte metode, are loc pe două căi : pe de o parte, prin alocarea unei părți a consumului sub formă de consum pe locuitor, iar pe de altă parte, prin alocarea consumului unităților mari consumatoare printr-o metodă de simulare aleatorie.

Algoritmul și programul elaborate pe baza acestui model permit să se rezolve în mod practic problema repartizării consumului pe teritoriu în lipsa unor informații ferme referitoare la amplasările concrete ale viitorilor consumatori. Acolo unde acești consumatori sînt cunoscuți dinainte (toți sau numai o parte), programul permite luarea lor în considerare.

Calculul unui număr oarecare de variante de consum simulate (peste 10—14) permite stabilirea unei variante medii de consum pe teritoriu, care, împreună cu variantele individuale considerate caracteristice zonei studiate, permite să se optimizeze dimensionarea instalațiilor de perspectivă necesare alimentării cu energie electrică a tuturor consumatorilor zonei studiate.

(Articol intrat în redacție la 20 ianuarie 1971)

* * *

Codificarea activității de producție în întreprinderile de construcții-montaje energetice

I. Kleps*)

Sporirea continuă a volumului de lucrări de construcții-montaje energetice în etapele viitoare, în condițiile creșterii complexității lor și a eficienței activității economice, ridică noi probleme de organizare și conducere a proceselor de producție și de îmbunătățire a structurii organizatorice în cadrul unităților.

Una dintre preocupările principale pe această linie este codificarea unitară a diverselor compartimente de activitate și procese de producție. Această cerință a rezultat din necesitatea sistematizării modului de sesizare și înregistrare a multitudinii de informații, cît și din necesitatea de a pune în concordanță caracteristicile codificării cu cerințele sistemului de prelucrare automată a datelor (S.P.A.D.). În felul acesta se urmărește crearea posibilității de a utiliza calculatoarele electronice în prelucrarea datelor, să se dea un caracter mai multilateral și operativ cererilor de informare, influențîndu-se astfel în mod pozitiv procesul decizional la toate nivelele de conducere.

Codificarea informațiilor din activitatea de producție urmărește să asigure realizarea următoarelor scopuri principale :

— sistematizarea și unificarea modului de înregistrare și înmagazinare a informațiilor la toate unitățile subordonate ;

— coordonarea și facilitarea schimbului operativ de informații între unitățile trustului, între trust și minister sau alte organe centrale, în vederea efectuării unor centralizări, analize comparative etc. ;

— conducerea operativă a activității întreprinderilor și a trustului ;

—organizarea urmăririi cheltuielilor de producție pe diverse trepte și nivele în vederea satisfacerii necesităților de analiză și raportare ;

— delimitarea responsabilității asupra execuției lucrărilor și rezultatelor economice înregistrate ;

---

*) **Iosif Kleps** lucrează la serviciul Organizarea producției și a muncii din T.C.M.E.

— utilizarea calculatoarelor pentru rezolvarea problemelor tehnico-economice, financiare şi de gestiune;

— organizarea unor fişiere de date în care sînt stocate informaţiile necesare diferitelor compartimente de activitate din cadrul unităţilor;

— stabilirea unor norme unitare de flux informaţional şi de completare a documentelor primare;

— organizarea sistemului integrat de informare la nivel de trust.

La stabilirea structurii codului va trebui să se ţină seama de următoarele considerente:

— dimensionarea codului să fie astfel concepută, încît să poată fi uşor folosit;

— conţinutul informaţiilor de codificat să fie condensat la strictul necesar;

— informaţia codificată să ocupe un minimum de cîmpuri pe suportul de informaţie, în vederea reducerii timpului de prelucrare;

— să ofere posibilitatea regăsirii informaţiilor după un anumit criteriu şi pe o anumită treaptă a codificării;

— să permită sortarea şi regruparea comodă a informaţiilor în funcţie de cererea diferenţiată de prelucrare;

— să utilizeze normativele adoptate la nivelul economiei naţionale, în domeniile în care au fost elaborate astfel de norme.

Avînd în vedere obiectivele şi considerentele generale menţionate mai sus, vom arăta în continuare structura codificării preconizată pentru activitatea de construcţii-montaje energetice. Această codificare se prezintă sub forma unor identificatori de bază şi complementari, schematizaţi în anexă, şi anume:

A. *Identificatorul variantei de structură de cod* este un cod alfa-numeric format dintr-un singur caracter, care va fi utilizat o dată cu introducerea tehnicilor moderne de prelucrare automată a datelor. Introducerea identificatorului a fost determinată de următoarele cerinţe:

— alegerea, din structura generală a codificării, numai a codurilor strict necesare rezolvării unei anumite probleme, în funcţie de nevoile de informare;

—recunoaşterea de către calculator a codificării adoptate în scopul apelării programului şi a informaţiilor necesare tipului de prelucrare dorit.

Acest identificator nu se înscrie în mod expres în documentele primare, fiind utilizat numai de către programatori la elaborarea diferitelor variante de program.

B. *Identificatorii de apartenenţă organizatorică şi administrativă* permit stabilirea apartenenţei unităţilor productive la unităţile administrative şi de conducere operativă fiind formaţi din următoarele coduri:

1. Codul atribuit trustului. Unităţile subordonate direct ministerului vor primi un cod format dintr-un singur caracter numeric. Acest cod va fi utilizat în toate relaţiile ce intervin între trust şi minister.

2. Codul atribuit întreprinderilor şi unităţilor subordonate trustului. Tuturor întreprinderilor şi unităţilor subordonate direct trustului li se vor atribui coduri numerice formate dintr-unul sau două caractere, în funcţie de numărul unităţilor subordonate. În cazul T.C.M.E. se apreciază că este suficient un singur caracter pentru codificarea întreprinderilor. Acest cod se va înscrie obligatoriu pe toate documentele emise la orice nivel în cadrul fiecărei unităţi.

3. Codul atribuit unităţilor subordonate întreprinderilor. Pentru unităţile subordonate întreprinderilor (şantiere, secţii de producţie secundară, auxiliară şi de deservire, sector de proiectare etc.) se vor atribui coduri numerice formate din două caractere. Acest cod se va înscrie pe toate documentele primare emise în cadrul fiecărei unităţi subordonate.

4. Codul atribuit loturilor şi atelierelor din cadrul şantierelor şi secţiilor. Prin acest cod se delimitează apartenenţa organizatorică şi administrativă a nucleului primar de raportare din structura organizatorică a unei întreprinderi de construcţii-montaje. Este un cod numeric format din două caractere. Atribuirea lui va depinde de formula adoptată la nivelul fiecărei unităţi productive în parte.

Identificatorii din grupa *B* delimitează responsabilitatea fiecărei trepte organizatorice şi oferă posibilitatea unei grupări comode a indicatorilor cantitativi şi valorici la diferite nivele de organizare: lot, şantier, întreprindere, trust.

C. *Identificatorul ramurii de apartenenţă.* În conformitate cu dispoziţiile legale în vigoare, se stabileşte obligativitatea împărţirii activităţii unităţilor economice pe ramuri de producţie, în baza „Nomenclatorului ramurilor economiei naţionale". De exemplu, lucrările executate de unităţile noastre pot fi încadrate în următoarele ramuri de apartenenţă, menţionate în nomenclator:

	Cod
— Clădiri şi construcţii	*1*
— Reparaţii de clădiri de construcţii	*2*
— Construcţii metalice	*3*
— Produse de carieră, balastieră	*4*
— Prefabricate din beton	*5*
— Produse finite din lemn	*6*
— Reparaţii de maşini şi utilaje	*7*
— Transporturi	*8*

Acest identificator se preconizează să facă parte din codul general atribuit devizelor şi proiectelor şi urmăreşte să asigure posibilitatea selecţionării şi grupării după ramura de apartenenţă a activităţii productive, în scopul completării formularelor B.L.R. şi a altor situaţii statistice periodice.

D. *Identificatorii de calculație* permit ca la întocmirea calculațiilor să se asigure localizarea cheltuielilor la diverse nivele în funcție de cerințele de raportare, analiză economică, comparații selective etc.

Identificatorii de calculație au fost împărțiți pe următoarele trepte de codificare:

1. Cod atribuit pe categorii de obiecte. În cadrul activității de construcții-montaje s-a făcut de către D.C.S., prin Instrucțiunile nr. 9, o defalcare a lucrărilor pe categorii de obiecte. Pentru nominalizarea acestor lucrări s-a introdus un cod format dintr-un caracter alfa, astfel:

	Cod
— Clădiri și construcții industriale	*A*
— Construcții hidrotehnice	*B*
— Clădiri și construcții agrozootehnice	*C*
— Clădiri civile	*D*
— Clădiri de locuit	*E*
— Rețele și conducte de alimentare	*F*
— Canalizări, colectoare principale	*G*
— Drumuri (inclusiv terasamente)	*H*
— Linii ferate (inclusiv terasamente)	*I*
— Poduri, tuneluri și alte lucrări de artă	*J*
— Lucrări miniere	*K*
— Rețele transport energie și telecomunicații	*L*
— Îmbunătățiri funciare—hidroameliorații	*M*
— Diverse alte lucrări de construcții	*N*
— Lucrări de organizare a șantierului	*O*

Prin introducerea acestui cod în structura generală a codificării devizelor și proiectelor se urmărește asigurarea grupării cu ușurință a volumului de lucrări de construcții-montaje pe categorii de obiecte, în vederea satisfacerii cerințelor de raportare.

2. Codul atribuit obiectului de calculație. În cadrul codificării pe categorii de obiecte (D 1) este necesară nominalizarea fiecărui obiect în parte ca unitate distinctă de calculație, în conformitate cu instrucțiunile pentru aplicarea H.C.M. 744/1957.

Pentru codificarea obiectelor se preconizează utilizarea indicativelor din cadrul devizelor generale atribuite fiecărui obiect în parte. În felul acesta se stabilește o legătură directă între cod și indicativul de deviz. Acest identificator este format din două caractere numerice și s-a considerat inclus în structura codului atribuit devizelor și proiectelor.

3. Codul atribuit devizelor. Pentru a face posibilă nominalizarea fiecărui deviz din cadrul unui obiect, s-a introdus un identificator format din două caractere numerice care definește devizele componente ale obiectelor de calculație. Acest cod va corespunde cu numărul poziției atribuite devizelor în cadrul obiectului respectiv.

Codurile menționate la capitolele C, D 1, D 2 și D 3 se preconizează a fi atribuite de proiectant o dată cu elaborarea devizelor de lucrări.

În mod exemplificativ, codul atribuit de proiectant pentru aceste capitole s-ar prezenta astfel:

1	*A*	0 9	1 3
C	*D* 1	*D* 2	*D* 3

Adoptarea acestei codificări chiar din faza de proiectare va prezenta următoarele avantaje:

a) Utilizarea unei codificări unice de către toți factorii care concură la realizarea investiției.

b) Asigurarea prelucrării automate a tuturor documentelor generate de execuția investiției respective.

c) Utilizarea aceluiași volum de date, codificate în forma de mai sus, la obținerea mai multor situații necesare diferitelor trepte de raportare.

4. Codul atribuit contractelor în acord global. Prin introducerea formei de salarizare în acord global este posibil ca, în cadrul unui obiect sau deviz, să se contracteze în acord global numai o lucrare sau o parte din lucrare. În această situație există obligația urmăririi cheltuielilor la nivelul contractului.

Pentru a se asigura localizarea cheltuielilor realizate în cadrul obiectului și la nivel de contract, s-a atribuit un cod format dintr-un caracter numeric care se va adăuga codului pe obiect și va exprima numărul fiecărui contract încheiat la obiectul respectiv.

5. Cod atribuit pentru introducerea tehnicii noi. Între preocupările unităților un rol important îl are introducerea tehnicii și tehnologiei noi ca urmare a unor studii, inovații, raționalizări etc. Pentru toate studiile, invențiile sau inovațiile aplicate există obligația urmăririi eficienței lor economice. Cum aplicarea acestora are, în prima etapă, un domeniu limitat, s-a atribuit un cod format dintr-un caracter numeric, care se va adăuga codului general al obiectului la care se aplică studiul respectiv, pe toată perioada de experimentare.

În felul acesta se creează posibilitatea localizării cheltuielilor înregistrate numai la studiul respectiv, în vederea efectuării unor analize și calcule de eficiență.

Din desfășurarea identificatorilor de calculație prezentați rezultă că prin codificarea atribuită s-a urmărit crearea posibilităților de localizare a informațiilor înregistrate la diverse trepte și nivele, facilitîndu-se astfel satisfacerea necesităților multiple de raportare, selecție, analiză etc.

Odată fixate, toate codurile atribuite se vor menține neschimbate pentru un anumit obiect și o anumită structură organizatorică, pînă la terminarea lucrărilor.

În concluzie, la elaborarea acestei codificări a activității de producție s-a ținut seama de

ANEXĂ

Structura generală a codificării activității de construcții-montaje energetice

Denumirea identificatorilor 1	Cod de bază 2	Cod complementar 3	Lungimea codului 4
Identificatorul variației de structură *A*	1 Cod atribuit în funcție de cererea de informare	—	1 caracter alfanumeric
	1 Cod atribuit trustului	—	1 caracter numeric
	2 Cod atribuit întreprinderilor și unităților subordonate	—	1 caracter numeric
Identificatorii de apartenență organizatorică și administrativă *B*	3 —	Cod atribuit unităților subordonate întreprinderilor	2 caractere numerice
	4 —	Cod atribuit unităților subordonate șantierelor și secțiilor	2 caractere numerice
Identificatorul ramurii de apartenență *C*	1 Cod atribuit conform HCM 389/69, în calitate de ramură producătoare	—	1 caracter numeric
	1 Cod atribuit pe categorii de obiecte, conform instrucțiunilor D.C.S.		1 caracter alfa
	2 Cod atribuit obiectelor de calculație sau comenzilor de executat	—	2 caractere numerice
Identificatorii de calculație *D*	3 —	Cod atribuit devizelor	2 caractere numerice
	4 —	Cod atribuit contractelor în acord global	1 caracter numeric
	5 —	Cod atribuit pentru introducerea tehnicii și a tehnologiei noi	1 caracter numeric

multitudinea și complexitatea crescîndă a problemelor cărora unitățile trebuie să le facă față pe linie de informare, analiză și raportare.

Introducerea acestei codificări contribuie, de asemenea, la organizarea punctelor de lucru, la fixarea responsabilității factorilor de execuție și creează premisele necesare folosirii calculatoarelor electronice în prelucrarea datelor. În felul acesta codificarea activității de construcții-montaje se înscrie în acțiunea de modernizare a informaticii, în scopul creșterii gradului operativo-decizional al conducerii unităților.

(Articol intrat în redacție la 27 ianuarie 1971)

◆

Din începuturile electrificării României

Dipl. ing. **H. Thiess**[*]

Încă din anul 1767, J. Priestley notează în cartea sa „Istoria şi stadiul electricităţii, cu experimentări originale"[**] : „Experienţele electrice sînt cele mai curate şi nostime din întreaga fizică. Ele sînt cele mai plăcute şi surprinzătoare fenomene pentru amuzarea unei societăţi. Dacă şocul electric i-ar fi părut lui Newton deja curios, ce ar fi spus dacă ar fi privit acţiunea bateriilor electrice contemporane, precum şi aparatura cu ajutorul căreia putem devia trăsnetul din nori. Ce plăcere de nedescris ar fi pentru un electrician contemporan dacă i-ar fi posibil să distreze pe un savant ca Newton cîteva ore cu experimentele lui principale !"

La acea vreme autorul cărţii nu a putut prevedea că „experienţele distractive" n-au fost decît premergătoare unor încercări ulterioare care pentru omenire urmau să devină de cea mai mare importanţă.

Ilustrul savant Faraday, care iniţial a fost ucenic la o legătorie de cărţi pentru a avea posibilitatea de a citi, a experimentat 25 de ani, pînă ce în anul 1832 i-a reuşit cea mai importantă experienţă a vieţii sale : „Producerea curentului electric prin magnetism". Cu ocazia prezentării experienţei sale, un comerciant îl întreba : „Foarte frumos ce aţi făcut, dar spuneţi-mi la ce foloseşte o astfel de inducţie magnetică ?". Faraday i-a răspuns furios : „Ce folos are un copil ?". După 34 de ani Siemens a dat răspunsul la această întrebare prin construirea primei maşini electrice practic utilizabilă, care transforma energia mecanică în curent electric, fără folosirea magneţilor permanenţi. Primul dinam a deschis epoca tehnicii curenţilor tari.

După ce timp de 13 luni Edison a încercat în zadar să folosească sîrme de platină ca filament, a făcut experienţe cu cărbuni. Cea mai importantă încercare în această privinţă a fost încheiată în ziua de 19 octombrie 1879, cînd a terminat construirea unui bec cu vid avînd filamentul din hîrtie carbonizată. După legarea becului la circuitul electric, durata de funcţionare a depăşit 40 de ore. „Becul Edison" a apărut astfel ca un obiect de folosinţă zilnică, deoarece după scurt timp fiecare a avut posibilitatea să folosească curentul electric.

În 1881 Edison a reuşit să ilumineze cu 1000 de becuri clădirea principală a expoziţiei internaţionale de la Paris. Cu această ocazie a produs senzaţie şi un întrerupător, prin care fiecare vizitator a putut întrerupe un bec electric tip Edison. „Sute de oameni au stat la rînd, căci fiecare a avut curiozitatea de a manipula acest întrerupător". În 1882 Edison a proiectat la Milano prima instalaţie electrică din Europa pentru iluminatul străzilor.

Motorul electric s-a dezvoltat de asemenea rapid, fiind o maşină de acţionare simplă şi uşor adaptabilă. A lipsit numai o alimentare generală cu curent electric.

Savanţilor Zippernowsky, Bláthy şi Déri le-a reuşit în anul 1885 construcţia primului transformator de curent monofazat. După ce şi Dolivo-Dobrowolsky a dezvoltat în mod satisfăcător sistemul trifazat, a fost posibilă realizarea în 1891 a importantei încercări de transport al energiei electrice (hidroelectrice) de la Lauffen pînă la Frankfurt pe Main (175 km) de către inginerul Oskar von Miller, împreună cu Brown şi Dolivo-Dobrowolsky.

Corespondentul special al unui ziar englez scria pe atunci : „Cred că nu mă fac vinovat de vreo exagerare dacă afirm că transportul de energie Lauffen—Frankfurt este încercarea cea mai dificilă şi importantă de cînd s-a pus în serviciul omului acea energie misterioasă numită electricitate".

Această realizare a deschis drumul unei noi ere în progresul electrotehnicii, rezolvînd marea problemă a transportului energiei electrice.

★

Urmărind folosirea energiei electrice în România, se poate constata că încă în anul 1882 s-a hotărît să se încerce o expoziţie de iluminat electric pentru exteriorul Palatului Cotroceni şi interiorul Palatului din Bucureşti, precum şi exteriorul Teatrului Naţional şi Grădina Cişmigiu. În 1882 s-a iluminat şi Direcţiunea căilor ferate române, iar în 1885 la Teatrul Naţional a fost montată instalaţia electrică de însuşi asistentul lui Edison, francezul Francis Tell.

Prima instalaţie electrică municipală s-a construit la Abatorul comunal în anul 1888, ca maşină de forţă servind o locomobilă. Au fost instalate 6 lămpi cu arc şi 180 lămpi incandescente. În 1889 se hotărăşte să se ilumineze cu curent electric bulevardele, cheiurile şi străzile centrale ale Capitalei, folosind în acest scop lămpi cu arc de 10 amperi, în serie, pe 600 volţi.

Merită relevat faptul că în anul 1904 au existat în Bucureşti peste 50 de uzine electrice individuale ori în bloc, majoritatea lămpilor electrice folosite fiind cele cu fir de cărbune. În 1908 a fost pusă în funcţiune uzina electrică de la Filaret, care trebuia să înlocuiască toate instalațiile particulare din oraș. În această centrală au fost montate trei motoare Diesel de cîte 675 CP, primele din lume de această putere, legate cu generatoare trifazice, avînd tensiunea de 5000 volți la 50 Hz. Tensiunea de utilizare a fost 208/120 volți.

---

[*] Dipl. ing. Hans Thiess, intrat de curînd în al nouălea deceniu de viaţă, a lucrat timp de 37 de ani (1920—1957) în cadrul Uzinei electrice şi al Întreprinderii de electricitate Sibiu, luînd parte activă remarcabilă la dezvoltarea instalaţiilor electroenergetice.

[**] Titlul cărţii, în original : „The history and present state of Electricity, with original experiments by Joseph Priestley", 1767, Londra.

În 1912 s-a construit la Grozăvești o centrală termoelectrică cu două turbine cu abur, de cîte 1000 kW. Tensiunea generatoarelor a fost de 5000 volți la 50 Hz. Ulterior s-a impus necesitatea măririi uzinei, ajungînd în 1942 la o putere instalată de 85 000 kW.

În 1930 a fost pusă în funcțiune uzina hidroelectrică de la Dobrești, pe Ialomița, cu o putere instalată de 16 150 kW. Transportul energiei electrice pînă la București s-a realizat printr-o linie de 110 kV avînd lungimea de 127 km, care a rămas pînă în anul 1950 singura linie de 110 kV din țară. Pentru a-și asigura suficiente surse de energie electrică, Uzinele comunale București au mai cumpărat energie electrică de la societatea „Lignitul”, prin uzina termoelectrică Schitu-Golești. Această centrală a fost pusă în funcțiune în 1930, avînd puterea instalată de 19 200 kW, energia electrică transportîndu-se de la Schitu-Golești printr-o linie de 60 kV la Tîrgoviște, unde se afla o stație de transformare și unde se făcea legătura cu linia de 110 kV ce leagă uzina hidroelectrică Dobrești cu orașul București.

Datele prezentate în continuare evidențiază, între altele, creșterea consumului de energie electrică la București : de la 18 milioane kWh în 1920 la 82 milioane kWh în 1930, 177 milioane kWh în 1938 și 221 milioane kWh în 1942.

Uzina electrică Timișoara a fost construită pentru iluminarea străzilor cu lămpi incandescente de 16 lumini și 55 volți.

Merită să fie evidențiate cele scrise de inginerul Ross în lucrarea sa „Din zilele de copilărie ale electrotehnicii” : „Spiritul de întreprindere al industriei a făcut încă înainte de întrebuințarea transformatoarelor unele încercări admirabile pentru învingerea spațiului. Instalațiile pentru iluminatul străzilor, puse în funcțiune la Timișoara în anul 1884, constituie un exemplu grăitor în această privință ; aci au fost instalate mai întîi 184 de becuri repartizate în 23 de grupe de cîte opt becuri fiecare. Becurile din fiecare grupă au fost legate în paralel, iar grupele între ele în serie, acoperind astfel o rețea pentru iluminatul străzilor în lungime de 50 km. Conductoarele de înaltă tensiune (2000 volți) au fost instalate sub formă de rețele aeriene, în unele părți în imediata apropiere a ferestrelor caselor. Natural că în astfel de condiții accidentele nu au putut fi întotdeauna evitate. Pentru înlocuirea lămpilor arse au fost introduse grupe de rezervă”. În continuare Ross relatează : „O astfel de instalație îndrăzneață a fost construită de mine în 1886, iluminînd cu ajutorul unui dinam Brush de 2000 volți șoseaua de la gara Sinaia la Castelul Peleș. Aici au fost întrebuințate becuri cu fire scurte și groase pentru 8—10 volți, cîte două becuri de fiecare lanternă. A fost prevăzut un comutator automat și un regulator pentru producerea unei intensități constante a curentului. Instalația funcționa în mod ireproșabil”.

La început, stația din Timișoara a servit numai pentru iluminatul străzilor, numărul becurilor fiind fixat la maximum 730 bucăți. Începînd cu anul 1888, societatea a fost nevoită să folosească centrala și pentru furnizarea energiei electrice particularilor, cu tensiunea monofazată de 110 volți la 42 Hz. Avînd în vedere că nu existau contoare electrice, consumatorii făceau o risipă extraordinară de curent electric. În consecință, întreprinderea a ajuns într-o situație foarte precară, hotărîndu-se în sfîrșit vînzarea uzinei electrice împreună cu rețeaua de iluminat. Orașul Timișoara a decis cumpărarea întregii instalații, asigurîndu-se, din anul 1893, exploatarea întreprinderii în regie proprie. Puterea centralei termoelectrice a fost de 760 CP. Între timp au apărut în comerț contoare electrice. Ca urmare, a fost posibilă rentabilizarea uzinei electrice. În 1901 s-a înlocuit sistemul monofazat cu cel bifazat de 2000 volți. Trei ani mai tîrziu a fost construită o centrală hidroelectrică pe canalul Bega, avînd trei turbine Francis de cîte 660 CP, care au fost cuplate cu generatoare bifazate de 2000 volți. În anul 1926 întreprinderea a fost nevoită să introducă și sistemul trifazat de 10 000 volți cu intenția de a elimina în mod treptat sistemul bifazat, trecîndu-se definitiv la sistemul trifazat cu frecvența de 50 Hz.

În 1893 producția anuală a fost de 405 000 kWh. În 1942 uzina electrică din Timișoara a devenit o întreprindere model, avînd o centrală termoelectrică cu o putere instalată de 12 500 kW și o centrală hidroelectrică cu o putere de 1155 kW, cu o producție anuală de 27,3 milioane kWh.

Un factor important în alimentarea cu energie electrică a regiunii petrolifere l-a constituit societatea „Electrica” — Cîmpina, fondată în 1888, deservind zona între Brașov și București.

Centrala hidroelectrică Sinaia a fost pusă în funcțiune în 1899, cu o putere instalată de 1000 kW și curent trifazat.

Producția anuală a atins în 1942 3,7 milioane kWh, din care o parte s-a distribuit orașului, iar restul a intrat în rețeaua de alimentare de 25 kV a societății.

Centrala termoelectrică Cîmpina datează din anul 1906 și s-a extins continuu. Dacă în 1927 producția anuală a fost de 58 mil. kWh, la sfîrșitul anului 1942 a crescut la 81 mil. kWh, avînd o putere instalată de 28 000 kW.

O instalație modernă a constituit-o la vremea ei centrala termoelectrică Florești, construită în 1923. Ea a furnizat în 1942 aproximativ 60 mil. kWh, avînd trei grupuri cu turbine cu abur cu puterea totală de 21300 kW. Energia electrică a fost distribuită rețelei generale de 25 kV, iar în parte a ajuns la linia de 60 kV Florești—Moreni și Florești—Ploiești—București.

O altă instalație importantă a format-o centrala termoelectrică Gura Ocniței, pentru alimentarea regiunii petrolifere cu energie electrică. În 1942 ea dispunea de patru turbogeneratoare cu o putere totală de 17 400 kW și o producție anuală de 44,8 mil. kWh.

Anul 1930 marchează punerea în funcțiune a centralei termoelectrice Schitu-Golești, care în 1942 dispune de trei grupuri cu turbine cu abur, avînd o putere totală de 19 200 kW și o producție de 41 mil. kWh. Energia electrică era transportată prin linia de 60 kV la stația de transformare Tîrgoviște, unde exista și o legătură cu centrala Gura Ocniței, ce dispunea de o linie de 60 kV, în lungime de 21 km.

În 1891, cînd pionierul curenților tari Dolivo-Dobrowolsky exclama, cu ocazia momentului istoric al primei transmisii de energie electrică de la Lauffen la Frankfurt: „Curentul a ajuns la Frankfurt!", în mulțime se aflau și trei cetățeni din Sibiu profund impresionați. Rezultatele acestei transmisii experimentale au marcat un randament de 75%. O.v. Miller relatează: „Acest rezultat deosebit de favorabil a fost însoțit imediat de succese. O comisie din Ardeal a ajuns la Frankfurt pentru a trata explorarea forțelor hidraulice deosebit de bogate ale Carpaților. Ca urmare a acestor tratative, în anii 1895—1896 s-a realizat transmisia energiei electrice de la Sadu la Sibiu".

Înaintea construcției propriu-zise a centralei hidroelectrice trebuiau învinse multe obstacole. Astfel, în 1892 Oskar v. Miller a ajuns personal în Sibiu pentru documentare. În 1893 se organizează o expoziție care arată multiplele domenii de aplicație ale energiei electrice. În ziua de 4 iulie 1893 O. v. Miller ține o conferință asupra centralei proiectate. În octombrie 1893, sub titlul „Centrala proiectată — părțile ei negative", un adversar îndîrjit arată cu cuvinte ascuțite inutilitatea unei asemenea centrale exprimîndu-și părerea că iluminatul cu petrol lampant ar fi foarte plăcut și ieftin, iar curentul electric nu ar constitui o necesitate pentru orașul Sibiu. În continuare remarcă: „Cel înstărit își cumpără o lampă mare de petrol, iar cel sărac se mulțumește cu una mică, modestă. Iluminatul electric al străzilor însă constituie pentru oraș numai un lux".

Pregătirile au continuat, cu toată opoziția taberei adverse, și în 1895 inginerii Dietze și Maetz au construit linia de transport electric monofazat de 4500 volți, în lungime de 17 km, de la centrala Sadu I, prin comunele Sadu și Cisnădie, pînă la Sibiu. La 19 decembrie 1896, una dintre primele centrale interurbane din Europa a început să producă energie electrică. Au fost instalate două turbine verticale Girard de 260 CP fiecare, iar ca rezervă o mașină de abur de 270 CP. Generatoarele monofazice au fost construite pentru 4500 volți și 42 Hz. În 1904 s-a pus în funcțiune la Sibiu o centrală Diesel, iar în 1907 începe să producă centrala hidroelectrică Sadu II, avînd două turbine Francis de 550 CP fiecare, cuplate cu generatoare monofazice de 12 000 volți. Începînd din 1927, ținîndu-se seamă de progresul tehnic, are loc înlocuirea sistemului monofazic la 105 volți și 42 Hz cu sistemul trifazic la 220/380 volți și 50 Hz.

Dată fiind imposibilitatea asigurării necesității de energie electrică de către centralele existente, a intervenit Societatea electrică transilvăneană pe acțiuni „SETA". În 1897, după primul an de exploatare, producția a ajuns la 815 000 kWh. Prin extinderea instalațiilor puterea hidraulică crește la 2900 kW, iar cea termică (motoare Diesel) la 3 770 kW. Dacă se adună 2500 kW procurați din sursă străină, întreprinderea Uzina electrică Sibiu dispunea în anul 1942 de o putere totală de 9170 kW la o producție anuală de 17 mil. kWh. Astfel, din începuturi modeste această întreprindere ocupă o poziție-cheie în alimentarea României cu energie electrică.

La centrala electrică cu abur din Craiova, construită în 1896, s-a folosit în 1902, pentru prima dată în România, un motor Diesel cu puterea de 120 CP, ca forță motrică pentru un generator de curent continuu de 2 × 140 volți. Craiova dispunea la sfîrșitul anului 1942 de șapte motoare Diesel, dintre care patru cuplate la generatoare de curent continuu (1680 kW) și trei la generatoare de curent trifazic (1440 kW). Tensiunea de utilizare a fost 120/240 volți curent continuu și 120/210 volți, 50 Hz, curent trifazic. Producția anuală a atins 5,27 mil. kWh.

Centrala din Iași se caracteriza, de asemenea, prin folosirea motoarelor Diesel, avînd opt agregate cu o putere totală de 10 000 CP, cuplate cu generatoare trifazice de 6000 volți, 50 Hz. Tensiunea de utilizare: 220/380 volți. În 1942 producția anuală a atins 12,8 mil. kWh.

Uzina electrică din Oradea a fost construită în 1903 și a dispus în 1938 de trei grupuri cu turbine cu abur cu o putere de 5080 kW, 3000 volți, 42 Hz, cu producția anuală de 10,8 mil. kWh și tensiunea de utilizare de 150 volți curent trifazat.

În 1906 au fost instalate la centrala hidroelectrică de pe Someșul Rece două turbine Francis cu o putere totală de 2400 kVA, curent trifazic, 15 000 volți, 42 Hz. Drept rezervă s-a instalat un grup cu abur de 300 kVA. Centrala

Tabelul 1

Puterea și energia electrică produse, în ordinea cronologică a înființării principalelor centrale electrice publice

Nr. crt.	Denumirea întreprinderii	Anul punerii în funcțiune	Motoare, CP				Puterea disponibilă, inclusiv surse exterioare, kW	Energia electrică produsă, inclusiv energia electrică de la surse exterioare, mil. kWh		Localități alimentate cu energie electrică
			Turbine cu abur	Turbine hidraulice	Motoare Diesel	Total		1938	1943	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Întreprinderile electromecanice ale municipiului Timișoraa	1884	18500	1980		20480	13655	25,7	27,3	2
2	Uzina electrică a orașului Caransebeș	1889	80	110	220	410	300	0,442	0,466	—
3	Centrala uzinelor electrice a statului — Băile Herculane	1892		390		390	295	0,334	0,401	—
4	Uzina electrică Satu Mare	1893	3760			3760	2560	3,679	3,679	—
5	Uzina electrică a orașului Sighet	1894	1100		180	1280	975	0,786	—	—
6	Societatea anonimă de electricitate Arad	1895	10660			10660	7975	9,854	12,526	9
7	Uzina electrică—societate pe acțiuni Sibiu	1896		3580	5100	8680	8750	17,9	17,095	16
8	Uzina electrică Craiova	1896			4740	4740	3420	5,695	5,273	—
9	Societatea comunală de întreprinderi electrice Constanța	1897	4000			4000	3200	5,795	7,857	2
10	Uzina electrică a orașului Tg. Mureș	1897	900	1800	900	3600	2360	3,932	—	4
11	Tramvaie și iluminat electric Brăila	1898	8700		1750	10450	6400	9,877	14,02	—
12	Uzina electrică a orașului Orăștie	1898	180		320	500	318	0,252	—	—
13	Societatea comunală de electricitate Iași	1898			10000	10000	4355	13,290	12,778	—
14	Concordia, Departamentul „Electrica"— Cîmpina :									32
	a) Sinaia	1899		1440		1440	1000	6,238	3,7	
	b) Cîmpina	1906	40340			40340	27950	72,358	140,9	
	c) Gura Ocniței	1927	19856			19856	17400	53,486	49,775	
	d) Steaua Electrică Florești	1923	30800			30800	21300	19,034	59,790	
	e) Schitu-Golești	1930	20400			20400	19200	21,605	41,611	
15	Uzinele comunale Galați	1900	11600		800	12400	8860	17,733	17,177	—
16	„Electrica"—societate pe acțiuni Ploiești	1900			3700	3700	3495	6,503	8,307	—
17	Întreperinderile comunale Lugoj	1900	320		1650	1970	1361	1,683	1,49	—
18	Uzinele comunale Sighișoara	1903		150	400	550	560	1,568	1,424	—
19	Întreprinderile comunale Oradea	1903	7400			7400	5080	10,816	—	6
20	SETA — Deva	1903			600	600	1060	1,247	2,027	3
21	Uzina electrică a municipiului Bacău	1905		540	1400	1940	1370	3,066	3,077	2
22	Uzina electrică Cluj	1906		3000	2000	5000	11700	12,513	—	—
23	SETA — Făgăraș	1906			400	400	337	0,330	0,330	2
24	Întreprinderea comunală Piatra Neamț	1908			1300	1300	860	2,206	1,955	2
25	Uzina electrică comunală Caracal	1908			760	760	500	0,707	0,561	
26	Societatea generală de gaz și electricitate București:							201,049	226,882	48
	a) Filaret	1908			23000	23000	26800			
	b) Grozăvești	1912	112900			112900	85000			
	c) Dobrești	1930		22810		22810	16150			
27	Întreprinderile comunale Giurgiu	1910			1080	1080	795	1,515	1,557	—
28	Uzina electrică a orașului Reghin	1911		326	690	1016	760	0,621	—	—
29	Uzina electrică Rîșnov	1911		2493		2493	1861	0,578	4,680	11
30	Societatea anonimă de electricitate Pitești	1913			950	950	650	1,056	1,139	—
31	Uzina electrică a orașului Bistrița	1913		180	900	1080	670	1,020	—	—
32	„Tărlungul" — Cernatu-Săcele	1923		840		840	630	2,818	2,693	6
33	SETA — Sibiu	1929			1350	1350	7000	18,062	20,866	51
34	„Șorecani" Cluj—Aghireș	1931	11400			11400	8400	9,525	—	3
35	Uzina electrică Brașov	1933	7880			7880	7800	13,958	19,804	—

Tabelul 2

Aprovizionarea cu energie electrică a diferitelor provincii în anul 1938

Provinciile	Numărul locuitorilor	Aprovizionat cu energie electrică			Puterea disponibilă a centralelor electrice publice (inclusiv surse exterioare), kW	Energia electrică furnizată	
		Numărul localităţilor	Numărul locuitorilor	În procente din totalul locuitorilor		ml. kWh	În procente din totalul energiei electrice furnizate
Banat	941 521	43	266 000	28,4	17 790	23,102	5
Crişana	1 732 915	57	482 000	27,3	21 500	26,791	5,9
Dobrogea	433 305	10	107 000	24,6	3 570	4,918	1,02
Moldova	3 915 654	62	670 000	17,0	18 870	32,475	7,0
Muntenia	3 988 303	108	1 197 000	30,0	146 430	293,222	64,4
Oltenia	1 519 389	43	245 000	16,0	7 280	8,286	1,78
Transilvania	2 860 005	192	743 864	26,0	38 960	67,684	14,9
Total	15 391 092	515	3 710 864	26,5	254 400	456,478	100,0

era legată cu oraşul Cluj printr-o linie de 15 kV, în lungime de 28 km. În 1913 s-au dat în funcţiune în oraşul Cluj două grupuri Diesel de 600 kVA curent trifazic, 3150 volţi, 42 Hz. În anii 1930–1931 s-a pus baza trecerii de la 42 Hz la 50 Hz, cu tensiunea de utilizare 220/380 volţi.

În 1938 uzinele electrice din Cluj dispuneau de o putere instalată de 3300 kW. La aceasta se adaugă 8400 kW cumpăraţi de la societatea „Şorecani-Aghireş". Producţia anuală a fost de 12,5 mil. kWh.

Centrala termoelectrică construită de societatea „Şorecani-Aghireş" a fost dată în funcţiune în 1931 cu o putere instalată de 8400 kW. Linia de 60 kV de la această centrală la Cluj avea lungimea de 28,7 km. În 1938 producţia anuală a fost de 9,5 mil. kWh, fiind destinată în mare parte Clujului.

După primul război mondial au apărut primele încercări ale unei alimentări organizate pe teritorii întinse. Astfel, în anii 1921/1922 sub conducerea lui Oskar von Miller şi cu colaborarea biroului de proiectare al Uzinei electrice Sibiu, s-a prelucrat un proiect denumit „Uzinele transcarpatine" (Karpathenwerke), care cuprindea alimentarea Transilvaniei cu energie electrică.

Inginerul O. v. Miller, împreună cu inginerii Glunk şi Schönberg, a venit la Sibiu pentru a se documenta şi a lua hotărîrile corespunzătoare. Autorul acestor rînduri a avut şi el posibilitatea de a colabora, fiind angajatul Uzinei electrice din Sibiu.

O. v. Miller a vizitat mai multe oraşe, printre care Reghin şi Bistriţa, ale căror centrale electrice le proiectase între anii 1911 şi 1913. Execuţia acestui proiect, care, pornind de la Bistriţa, şi trecînd prin Tg. Mureş, Mediaş, Sibiu şi Braşov, ajungea pînă la Floreşti, s-a lovit de greutăţi din partea forurilor competente. Un alt proiect, prezentat de Societatea electrică transilvăneană pe acţiuni (SETA), a obţinut însă în 1924 aprobarea de execuţie. Această societate şi-a propus să alimenteze cu energie electrică judeţele Alba, Sibiu, Tîrnava Mare, Tîrnava Mică, Mureş şi Odorhei. După încă cinci ani s-a putut trece la ridicarea, în anul 1929, a liniei de 60 kV care lega Sibiul şi Mediaşul de centrala termoelectrică a societăţii Nitrogen de la Tîrnăveni (30 000 CP). Aceasta furniza prin contract o putere de 6000 kW. În 1942 producţia de energie electrică vîndută de societatea SETA a fost de 18,5 mil. kWh. La reţeaua de 15 kV au fost legate 51 comune, precum şi oraşele Alba Iulia, Sebeş, Mediaş, Tîrnăveni, Ocna Mureşului, Sighişoara şi Făgăraş, iar Uzina electrică Sibiu a fost legată de linia de 60 kV.

În regiunea Clujului s-a dezvoltat, de asemenea, o activitate cu ajutorul societăţii belgiene „Electrobel". Pentru Oradea a dus tratative societatea „United Light and Power Co". În Banat se ocupau de alimentarea cu energie electrică a judeţelor Caraş, Severin, Timiş-Torontal şi Arad Uzinele electrice Timişoara şi societatea de distribuţia electricităţii în Banat „Elgiba".

Pentru producerea şi distribuirea energiei electrice în judeţele Braşov, Făgăraş, Trei Scaune şi Ciuc s-a angajat „Compagnie Italo-Belge pour entreprises d'électricité et d'utilité publique — Cibe". Pentru Moldova s-au făcut pregătiri de către Uniunea electrică rurală din Paris, iar pentru Bucureşti se interesa compania „Electric Bond & Share Co".

O distribuţie unitară a energiei electrice rămîne însă în stadii incipiente.

În tabelul 1 sînt ordonate cronologic, după anul înfiinţării, centralele electrice publice (puterea instalată şi producţia anuală din 1938 şi 1942). Se poate vedea şi numărul de comune conectate la reţeaua electrică. Astfel, Uzinele electrice Bucureşti alimentau 48 comune, „Electrica" — Cîmpina 32, Uzina electrică Sibiu 16, iar SETA 51 comune. În total au fost electrificate 515 comune cu 3,71 milioane locuitori, adică 26,5% din populaţia totală.

Tabelul 3

Principalele centrale electrice ale autoproducătorilor în 1938

Nr. crt.	Întreprinderea	Anul punerii în funcțiune	Puterea instalată, kW	Producția anuală, mil. kWh
1	2	3	4	5
1	„Astra" — prima fabrică de vagoane — Arad	1916	1 800	2,119
2	Industria textilă arădană — Arad	1910	4 530	10,318
3	„Phönix" — fabrica de acid sulfuric — Baia Mare	1928	1 400	3,806
4	Fabrica de zahăr Bod	1925	2 300	1,969
5	„Mica" — minele de aur şi cărbuni Brad	1898	3 600	12,906
6	Centrala de energie Braşov	1929	1 500	2,885
7	Uzina electrică din Vulcan — Fabrica de ciment Braşov	1912	1 500	5,492
8	„Metrom" — prima fabrică metalurgică — Braşov	1938	1 350	3,582
9	Creditul minier — Brazi	1935	2 600	5,173
10	Industria iutei — Bucureşti	1929	700	4,500
11	Societatea română pentru industria de bumbac — Bucureşti	1925	1 050	4,333
12	Societatea pentru industria textilă — Buhuşi	1922	2 300	10,242
13	Fabrica de hîrtie — Buşteni	1882	7 360	13,167
14	Industria sîrmei — Cluj, Cîmpia Turzii	1921	2 000	6,868
15	Rafinăria „Steaua română" — Cîmpina	1928	2 500	11,184
16	„Nitrogen", societate anonimă română pentru îngrăşăminte — Tîrnăveni	1918	15 000	55,935
17	Uzinele metalurgice unite Titan, Nădrag, Călan, Ferdinand	1928	3 500	11,904
18	„Dîmboviţa" — fabrică de ciment — Fieni	1923	3 300	8,094
19	Industria de ciment — Radu Negru	1922	1 400	4,236
20	Uzinele de fier ale statului — Hunedoara	1897	1 900	3,837
21	„Letea", societate anonimă română pentru fabrici de hîrtie — Letea	1900	7 700	35,904
22	„Lonea" societate pe acţiuni pentru exploatarea de cărbuni — Lonea	1910	3 800	6,401
23	„Petroşani", societate pe acţiuni pentru exploatarea minelor de cărbuni — Lupeni-Vulcan	1896	15 000	30,106
24	Societatea anonimă a uzinelor „Solvay" — Ocna Mureşului	1895	2 000	3,637
25	Fabrica de hîrtie Petreşti	1882	462	1,067
26	Fabrica de celuloză Piatra Neamţ	1929	2 100	5,871
27	„Astra Română", rafinăria Ploieşti	1913	5 000	21,241
28	Industria sîrmei — Radu Negru	1930	1 350	3,745
29	Uzinele de fier şi domeniile din Reşiţa — Anina — Bocşa — Grebla	1901	22 000	81,101
30	„Astra Română" — Schela Moreni	1911	6 000	25,030
31	„Romăno-Americană", societate pe acţiuni pentru industria de petrol — Teleajen	1921	1 500	5,322
32	Fabrica de ciment Turda	1916	9 400	15,415
33	Societatea anonimă a uzinelor „Solvay" — Turda	1913	2 800	6,735
34	Fabrica de celuloză Zărneşti	1908	2 000	12,154
35	Fabrica de hîrtie Zărneşti	1906	1 000	3,817
36	Uzinele C.F.R. Griviţa		4 200	6,700
37	Societatea pe acţiuni de cimenturi din Europa orientală — Cernavodă	1910	2 100	4,198
38	Uzinele metalurgice unite Titan — Nădrag — Călan	1859	950	2,191
39	Societatea anonimă de Radio România, Bucureşti	1935	1 400	2,524
40	Centrala electrică a portului Constanţa	1906	2 500	3,200
41	C.A.M. Salina Uioara, Ocna Mureşului	1883	500	0,672

Tabelul 4

Puterea şi producţia după felul întreprinderii, în anul 1938

Felul întreprinderilor	Puterea instalată, kW	Producţia anuală, mil. kWh	Durata de utilizare, ore
Uzine publice	254 400	554	2 200
Uzine pentru nevoi proprii	246 600	576	2 840
Total 1938	501 000	1 130	5 040

Tabelul 5

Puterea şi producţia grupurilor electrogene

Grupuri electrogene	Puterea instalată, mii kW		Producţia anuală, mil. kWh	
	1938	1948	1938	1948
Termoelectrică	453	678*)	982	1370
Hidroelectrică	48	52*)	148	130
Total :	501	730	1130	1500
pe locuitor, W	32,1	45,9	—	—
pe locuitor, kWh	—	—	72,4	94,4

*) prin estimaţie

Dar aceste 515 comune nu reprezentau nici 4% din localităţile ţării.

Tabelul 2 înfăţişează energia electrică furnizată în diferitele provincii în anul 1938. Liniile de înaltă tensiune aveau o lungime totală de 2365 km, din care 1935 km la 6, 10, 15, 25 şi

55 kV, iar 430 km la 60 şi 110 kV. Situaţia electrificării României în 1940 poate fi urmărită pe harta publicată în „Energetica” nr. 1/1970, în articolul intitulat „Aspecte ale dezvoltării energiei electrice în România” (p. 3–9, fig. 8).

Tabelul 3 cuprinde principalele centrale electrice ale autoproducătorilor. Tabelul 4 cuprinde puterea şi producţia anuală a tuturor centralelor electrice, iar tabelul 5 puterea şi producţia grupurilor electrogene. Astfel, în 1938 puterea instalată a fost de 501 MW, iar producţia anuală de 1,13 miliarde kWh, adică 72,4 kWh pe locuitor. Aceasta constituie o valoare modestă, dacă se ia în considerare că în acelaşi an în Franţa sau Austria reveneau pe locuitor 400 kWh.

După naţionalizarea întreprinderilor electrice în 1948, au fost luate măsuri energice şi în distribuţia energiei electrice, pentru dezvoltarea reţelei naţionale şi electrificarea ţării. Acestea s-au concretizat mai întîi în planul anual 1949, iar apoi în planurile cincinale următoare ale economiei naţionale. Astăzi România se dezvoltă continuu, a atins un nivel şi un ritm de dezvoltare care sînt urmărite cu vie admiraţie în străinătate.

(Articol intrat în redacţie la 2 februarie 1971)

CRONICĂ

Consfătuirea tehnico-ştiinţifică „Proiectarea şi construcţia reţelelor de termoficare”

Între 24 noiembrie şi 4 decembrie 1970 a avut loc la Kiev consfătuirea tehnico-ştiinţifică ”Proiectarea şi construcţia reţelelor de termoficare”, organizată de GOSTROI al U.R.S.S., în colaborare cu GOSTROI al R.S.S.Ucrainene, Institutul politehnic din Kiev, Teploelektroproiekt cu diferitele sale filiale,VTI, ORGRES etc. Au luat parte circa 500 de specialişti din U.R.S.S., 8 din Bulgaria, 6 din Ungaria, 5 din Cehoslovacia şi 2 din România.

Lucrările s-au desfăşurat în trei etape:

I. Prezentarea şi discutarea celor 29 de referate şi comunicări.

II. Vizitarea unor şantiere de reţele de termoficare.

III. Vizitarea unei fabrici în care se izolează conductele de termoficare în sistem monolit cu bitumperlit, pentru a fi amplasate direct în pămînt.

Consfătuirea a fost încheiată printr-o rezoluţie propusă de către o comisie a ţării-gazdă, avînd ca preşedinte pe E. K. Sokolov, rezoluţie care urmează a fi definitivată şi transmisă participanţilor la conferinţe în termen de circa 3 luni.

În prima etapă a lucrărilor au fost prezentate cele 25 referate şi 4 comunicări.

Primele trei lucrări, care au avut ca obiect instrucţiunile, normativele şi standardele în domeniul reţelelor de termoficare, s-au referit la:

— a III-a redactare a SNIP PG–10–70 „Norme de proiectare a reţelelor termice”;

— instrucţiuni privind calculul conductelor folosite în reţelele de termoficare;

— calculul mecanic al conductelor amplasate direct în pămînt.

În lucrarea privind îmbunătăţirea redactării a III-a a SNIP PG–10–70 s-a subliniat, printre altele, necesitatea completării acestuia cu elemente importante, ca:

— precizarea condiţiilor în care se elaborează calculele hidraulice în regim de avarii ale magistralelor;

— recomandări referitoare la protecţia anticorosivă a conductelor;

— recomandări cu privire la alegerea traseelor în oraşe şi la amplasarea în comun a reţelelor de termoficare cu alte reţele (canale comune);

— recomandări cu privire la introducerea telemecanizării sistemelor de termoficare.

Din lucrarea a doua, care a tratat calculul şi calitatea conductelor utilizate în reţelele de termoficare, sînt de reţinut următoarele aspecte mai importante:

— îmbunătăţirea proiectului noilor sortimente de conducte folosite pentru reţele de termoficare, subliniindu-se necesitatea adaptării fabricaţiei conductelor, sub aspectul grosimii şi calităţii lor, la cerinţele şi specificul reţelelor de termoficare atît în scopul economisirii de metal, cît şi al măririi siguranţei în funcţionare;

— adaptarea instrucţiunilor privind calculul conductelor de termoficare la noile sortimente ce vor fi introduse în fabricaţie;

— stabilirea unei metodici de calcul al grosimii pereţilor conductelor de termoficare în funcţie de sistemele de amplasare, tipul conductelor etc. ;

— efectuarea unor analize de calitate a conductelor, la fabrică, pentru circa 10% din producţie.

Referatul al treilea, avînd ca obiect calculul mecanic al conductelor amplasate direct în pămînt, a prezentat şi a supus dezbaterilor propuneri cu privire la metodele de calcul al părţii mecanice a conductelor de termoficare în cazul amplasării directe în pămînt, cu izolaţie de bitumperlit.

Formulele de calcul şi nomogramele prezentate au fost determinate în cadrul Institutului de Construcţii din Kiev, pe baza unor cercetări ştiinţifice şi experienţe fizico-mecanice asupra conductelor amplasate direct în pămînt şi izolate cu bitumperlit, realizate în oraşul Kiev.

În acest domeniu au fost editate instrucţiuni provizorii de proiectare şi nomograme pentru calculul elementelor de compensare.

Următoarele 12 referate au tratat despre sisteme constructive de amplasare directă în pămînt a reţelelor de termoficare, care au constituit de altfel tema de bază a consfătuirii.

În general, referatele prezentate pe aceaste temă au scos în evidenţă preocuparea organizatorilor consfătuirii de a găsi noi soluţii constructive la realizarea reţelelor de termoficare în scopul ieftinirii şi industrializării acestora. Pornind de la primele realizări şi primele rezultate de exploatare obţinute, au fost prezentate şi supuse discuţiilor cîteva noi sisteme de amplasare directă în pămînt a conductelor de termoficare, precum şi sistemele mai vechi folosite pînă în prezent.

Sistemele de amplasare directă în pămînt prezentate au fost următoarele :

— amplasarea directă în pămînt a conductelor de termoficare cu izolaţie monolită din bitumperlit realizată în cadrul unei fabrici;

— amplasarea fără canal a conductelor de termoficare cu izolaţie monolită din asfaltoizol, realizată pe şantier la scară-pilot;

— amplasarea fără canal a conductelor de termoficare cu izolaţie monolită din bitum asfaltokeramzitic, realizată la scară-pilot;

— amplasarea fără canal a conductelor de termoficare cu izolaţie monolită din betoane celulare şi materiale pe bază de polimeri, realizată în cadrul unei fabrici.

Dintre variantele constructive prezentate, o dezvoltare mare a fost acordată analizei sub toate aspectele a sistemelor de amplasare direct în pămînt a conductelor de termoficare cu izolaţie din bitumperlit şi asfaltoizol. În acest sens, în cadrul lucrărilor au fost prezentate tehnologiile de execuţie pentru ambele sisteme, proprietăţile termofizice ale materialelor utilizate, modul de elaborare a calculelor mecanice pe specificul lucrărilor respective, detalii de execuţie şi rezultate de exploatare. În acelaşi timp, în cadrul lucrărilor a fost făcută şi o prezentare a instalaţiilor semiindustriale de aplicare pe conducte a izolaţiei monolite de bitumperlit.

Din referatele prezentate şi din discuţiile purtate pe marginea acestora a ieşit în evidenţă faptul că preocupările deosebite ale specialiştilor sovietici pentru cercetarea şi aplicarea noilor sisteme de amplasare directă în pămînt a conductelor de termoficare se datorează în primul rînd economicităţii noilor sisteme, în comparaţie cu cele clasice de amplasare în canal a conductelor de termoficare şi chiar cu cele de amplasare directă în pămînt cu izolaţie monolită de beton celular autoclavizat. Sistemele noi prezentate conduc la obţinerea unor importante economii de materiale de construcţii şi permit o execuţie rapidă în comparaţie cu cele clasice.

A ieşit în evidenţă, de asemenea, faptul că rezultatele de exploatare obţinute în urma aplicării acestor sisteme nu sînt suficient de concludente atît datorită timpului scurt de la punerea în funcţiune a unor astfel de lucrări, cît şi volumului lor redus. În orice caz, se remarcă tendinţa de utilizare în continuare a noilor sisteme, şi aceasta nu pe poligoane experimentale, ci în cadrul lucrărilor de dezvoltare a reţelelor de termoficare urbană şi industrială. Astfel, în 1971 se prevede realizarea a circa 800 km reţele cu Dn max. 300 mm, în varianta bitumperlit, în oraşele Moscova, Kiev şi Riga.

Importante reţineri exprimate de participanţi s-au referit la efectul coroziunii conductelor asupra duratei de viaţă a acestora prin folosirea noilor sisteme de amplasare în pămînt a conductelor şi la siguranţa în exploatare a acestora.

Celelalte sisteme prezentate, cu excepţia celui de izolare a conductelor amplasate direct în pămînt cu beton celular autoclavizat, utilizat îndeosebi în reţelele de termoficare ale oraşului Leningrad, au reţinut mai puţin atenţia participanţilor datorită faptului că se află în fază de experimentare, iar rezultatele obţinute încă nu permit a se trage concluzii edificatoare.

În privinţa sistemului cu beton celular armat autoclavizat, deşi folosit cu mult timp în urmă, el nu a întrunit nici de această dată adeziunea specialiştilor, deoarece costurile specifice şi, în ansamblu, economicitatea sistemului (inclusiv investiţiile necesare fabricii de beton armat celular autoclavizat) nu este suficient de ridicată faţă de soluţiile clasice.

Îndelungata experienţă de exploatare a reţelelor de termoficare din oraşul Leningrad, realizate după acest sistem, a ridicat probleme cu privire la coroziunea conductelor, la durata de viaţă a acestora, la exploatarea şi siguranţa în funcţionare a sistemului.

În cadrul altor șase referate au fost expuse și discutate probleme de tipizare și industrializare a părții de construcții a rețelelor de termoficare. Aceste referate au reflectat preocupările pentru găsirea unor soluționări-tip în scopul reducerii timpului de proiectare, al asigurării condițiilor pentru utilizarea pe scară largă a prefabricatelor, al industrializării procesului de execuție a rețelelor și al scurtării timpului de execuție.

Se remarcă, de asemenea, preocuparea pentru utilizarea elementelor prefabricate care se execută în același timp și pentru lucrări de construcții din alte domenii decît cel al rețelelor de termoficare, gradul de industrializare fiind astfel foarte ridicat. În această privință au fost prezentate soluții de tipizare a canalelor nevizitabile și vizitabile, a suporturilor pentru conductele montate suprateran, a suporturilor fixe, căminelor, stațiilor de pompare etc.

Dintre elementele de detaliu prezentate în referate, un interes deosebit a fost acordat soluțiilor de tipizare a căminelor de pe traseele subterane ale rețelelor de termoficare. Detaliile-tip elaborate de diverse organizații de proiectare prevăd posibilități de execuție deosebit de rapidă a căminelor, prin utilizarea unor elemente din beton armat prefabricat de diferite tipuri și dimensiuni, pentru o gamă largă de cămine, ținînd seamă de adîncimea și zona de amplasare, natura terenului, eforturile transmise de partea mecanică, solul și încadrarea căminului respectiv în schema termomecanică generală. Aceste cerințe au condus la elaborarea unor albume de detalii-tip cuprinzînd o gamă foarte largă de tipodimensiuni de cămine.

Se menționează, de asemenea, că deși aplicarea soluțiilor de amplasare directă în pămînt a conductelor de termoficare se află încă într-o fază de început, organizațiile de proiectare care au avut astfel de preocupări au și trecut la găsirea unor soluționări-tip ale diverselor elemente constructive. Astfel, au fost elaborate detalii-tip privind amplasarea directă în pămînt a conductelor de termoficare izolate cu bitumperlit pentru puncte fixe, nișe, compensatoare, cămine etc. Prin aceasta se creează noi condiții de industrializare și rapiditate în execuția noilor soluții, oricum superioare sub aceste aspecte soluțiilor clasice de amplasare în canal.

O altă grupă de referate (trei) a tratat protecția contra coroziunii exterioare a conductelor de termoficare — una dintre problemele deosebit de importante pentru asigurarea duratei de viață a rețelelor de termoficare și a siguranței în funcționare.

Preocuparea pentru această problemă a cunoscut în ultima perioadă o dezvoltare importantă, datorită fenomenelor apărute în rețelele de termoficare din orașele Leningrad, Kiev, Moscova și altele. Aceste fenomene se referă la apariția unor defecțiuni, avarii și întreruperi în funcționarea sistemelor de termoficare respective ca urmare a coroziunii exterioare a conductelor. De asemenea, aceste preocupări au fost intensificate și ca urmare a aplicării pe scară din ce în ce mai largă a soluțiilor de amplasare directă în pămînt a conductelor, soluții care din punctul de vedere al comportării în exploatare nu sînt încă suficient de concludente.

Referatele au prezentat metode, soluții, aparatură, instalații și moduri de organizare a activității legate de protecția conductelor împotriva coroziunii exterioare, pornind de la rezultatele obținute prin aplicarea lor în practica exploatării sistemelor de termoficare.

În cadrul dezbaterilor a fost subliniată necesitatea reactualizării tuturor indicațiilor, instrucțiunilor și a actelor normative existente în acest domeniu și a definitivării celor aflate în curs de elaborare.

Toate acestea s-au înscris pe linia luării tuturor măsurilor necesare pentru mărirea gradului de siguranță al funcționării sistemelor de termoficare și de creștere a duratei de viață a rețelelor.

În finalul primei părți a fost expus proiectul de program coordonator al activității de cercetare viitoare în domeniul rețelelor de termoficare.

Referatul face o prezentare a dezvoltării sistemelor de termoficare din U.R.S.S., a ultimelor preocupări și rezultate obținute în exploatarea acestor sisteme, trecînd apoi la prezentarea principalelor teme legate de activitatea de cercetare viitoare.

În linii mari, această activitate urmează să se înscrie în șapte direcții principale, și anume:

1. Cercetarea, experimentarea și încercarea unor noi tipuri de materiale de construcții pe bază de asfaltite, bitumperlit, vermiculit, cheramzit și a altor materiale sintetice, în vederea utilizării lor ca materiale termoizolante.
2. Continuarea cercetărilor și încercărilor privind amplasarea conductelor de termoficare direct în pămînt, pentru soluri de diverse naturi.
3. Cercetarea condițiilor de realizare a rețelelor de termoficare în zone foarte reci ale U.R.S.S.
4. Cercetarea și experimentarea metodelor de creștere a protecției împotriva coroziunii conductelor amplasate subteran, în primul rînd împotriva coroziunii exterioare.
5. Încercări pentru punerea la punct a teoriei și metodelor privind calculul mecanic al conductelor amplasate direct în pămînt.
6. Continuarea cercetărilor cu privire la partea de construcție a canalelor din interiorul cvartalelor de locuințe, în sensul utilizării acestora pentru amplasarea în comun a diverselor rețele.
7. Atacarea unor cercetări de perspectivă care să urmărească folosirea conductelor din

materiale nemetalice de diametre mici în interiorul cvartalelor.

Etapa a II-a a consfătuirii a constituit-o vizitarea a două șantiere de rețele de termoficare.

Noile soluții de amplasare a conductelor de termoficare direct în pămînt, dezbătute în cele mai numeroase referate în cadrul consfătuirii, au constituit și obiectul unei vizite pe șantiere din două zone ale sistemului de termoficare al orașului Kiev. În prima zonă s-a vizitat o rețea de cvartal 2 × Dn 200 mm aflată în exploatare, realizată prin amplasare directă în pămînt cu izolație din asfaltoizol. În cîteva puncte ale acestei rețele conductele erau descoperite pentru a se putea observa comportarea în exploatare a sistemului constructiv. Cele două puncte, unul pe un aliniament, celălalt în dreptul unui cot, erau realizate fără canal, materialul termoizolant — asfaltoizol — fiind turnat direct în șanț peste ambele conducte.

Din examinarea comportării materialului termoizolant și a conductelor, supuse unui regim normal de exploatare pe durata unui sezon de încălzire, se constată că stratul de material termoizolant era suficient de bine compactat în apropierea conductelor, dar acestea prezentau o intensă coroziune exterioară.

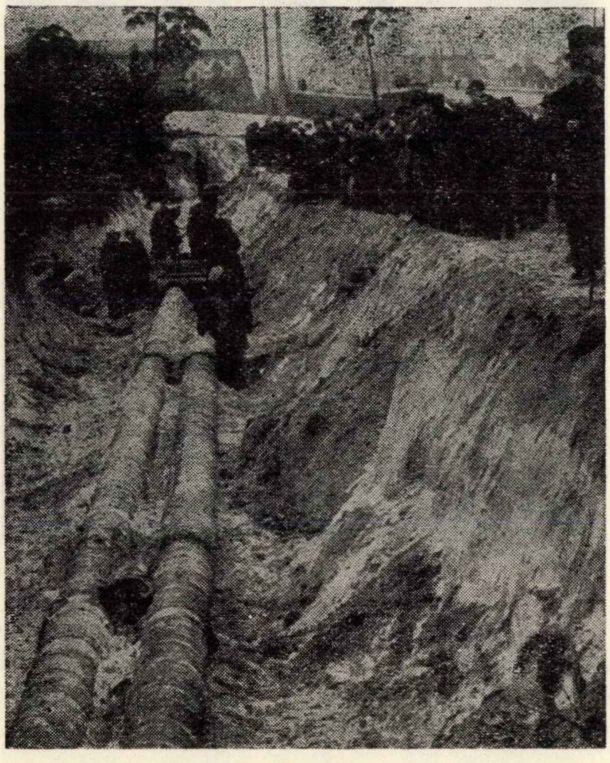


Fig. 1

Explicația fenomenului de coroziune, dată de reprezentanții organizațiilor locale, a fost aceea că lucrarea s-a executat în condiții improprii (teren umed și timp ploios), și nu în condițiile impuse de adoptarea acestei soluții. În orice caz, stratul de 1 2 mm de coroziune la suprafața exterioară a conductei, ca și timpul scurt de la execuția și punerea în funcțiune a rețelei respective generează rețineri față de aplicarea pe scară largă a acestei noi soluții.

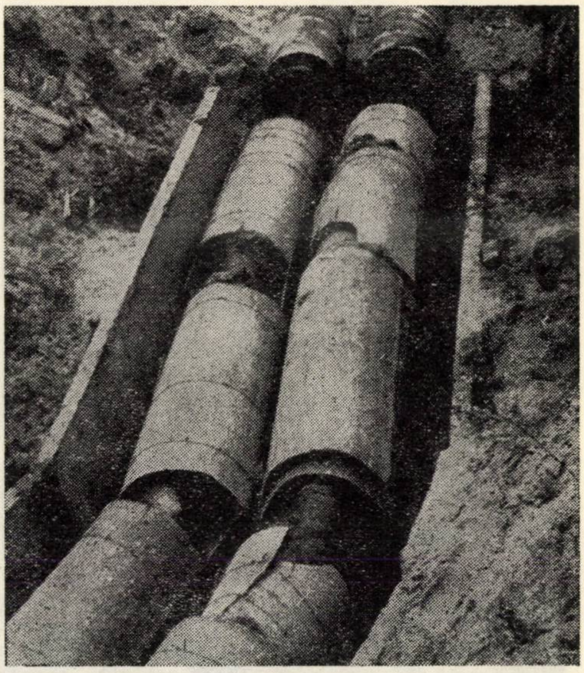


Fig. 2

În cea de a doua zonă vizitată au putut fi urmărite lucrările de execuție a unei rețele de termoficare 2 × Dn 300 mm amplasată direct în pămînt, cu izolație din bitumperlit. Conductele, avînd stratul de material termoizolant din bitumperlit aplicat în fabrică și stratul de brizol ca material hidroizolant, înfășurat, de asemenea, în fabrică, erau lansate direct în pămînt, pe un strat de nisip, fără suporturi mobile, cu excepția nișelor compensatoarelor și a coturilor, care se montau în canale din elemente prefabricate (fig. 1 și 2).

Punctele fixe erau realizate din elemente prefabricate, iar intrările conductelor în căminele de pe traseu, realizate, de asemenea, din elemente prefabricate, erau prevăzute cu dispozitive speciale pentru etanșare (fig. 3).

Întrucît aceste soluții sînt aplicate numai pentru diametre ale conductelor de maximum 300 mm, iar magistrala de termoficare la care se racorda rețeaua descrisă avea Dn 500 mm, au fost vizitate în aceeași zonă și rețele aflate în curs de execuție prin soluții clasice, cu conductele montate în canal (fig. 4). Și pe aceste trasee a fost remarcat un înalt grad de industrializare și utilizare a prefabricatelor, canalele, căminele și punctele fixe fiind realizate din elemente de beton armat prefabricat. Canalele sînt realizate din două elemente prefabricate în formă de U, alăturate. Este de menţionat că reţelele se executau înainte de apariţia construcţiilor de locuinţe care urmau a fi deservite, devansînd astfel darea în folosinţă a acestora.

În legătură cu soluţia de amplasare directă în pămînt a conductelor cu izolaţie din bitumperlit, şantierul fiind în construcţie, în cadrul vizitei nu s-a putut cunoaşte şi comportarea în exploatare a conductelor.

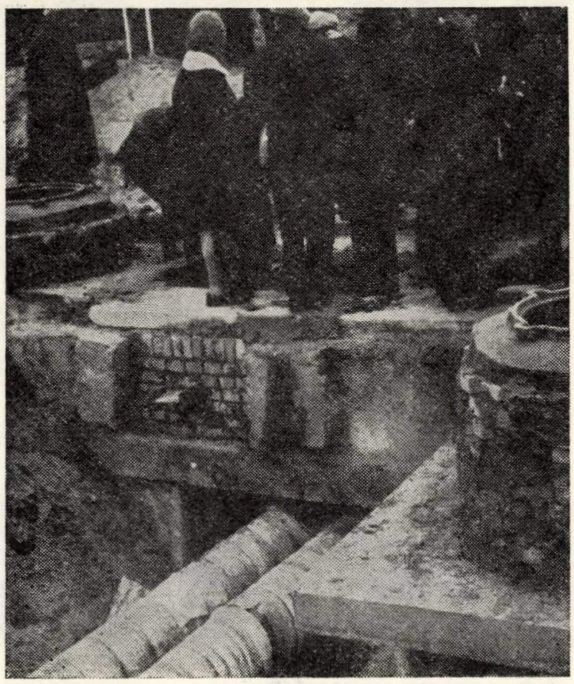


Fig. 3

Etapa a III-a a consfătuirii a constituit-o vizita la linia de fabricaţie pentru aplicarea pe conducte a bitumului cu perlit. Pentru aplicarea pe scară largă a soluţiei de amplasare directă în pămînt a conductelor cu izolaţie din bitumperlit, în oraşul Kiev a fost realizată o linie de fabricaţie pentru aplicarea bitumului cu perlit pe conducte. Cu ajutorul unor instalaţii realizate la nivel tehnic satisfăcător într-o construcţie existentă se execută curăţirea conductelor cu peria de sîrmă şi vopsirea lor, manual, după care se aplică mecanizat stratul de bitumperlit, deasupra acestuia se înfăşoară un strat de hîrtie şi apoi un strat de brizol cu bitum.

Instalaţia cuprinde două linii de aplicare a bitumului cu perlit şi o linie comună de aplicare a brizolului, care în ansamblu pot produce într-o oră circa 30 m conductă astfel pregătită, cu diametre cuprinse între Dn 50 şi Dn 300 mm.

Organizarea şi desfăşurarea consfătuirii s-au bucurat de o apreciere unanimă, ea avînd ca rezultat cunoaşterea ultimelor preocupări şi realizări în domeniul proiectării şi construcţiei reţelelor de termoficare, mijlocind totodată şi schimburi directe de opinii între cercetători, proiectanţi şi executanţi care lucrează la teme similare.

Consfătuirea a fost apreciată şi de inginerii din exploatarea instalaţiilor, care au făcut cu această ocazie un schimb de experienţă asupra metodelor şi mijloacelor de protecţie contra coroziunii exterioare şi asupra ridicării siguranţei în funcţionare a reţelelor de termoficare.

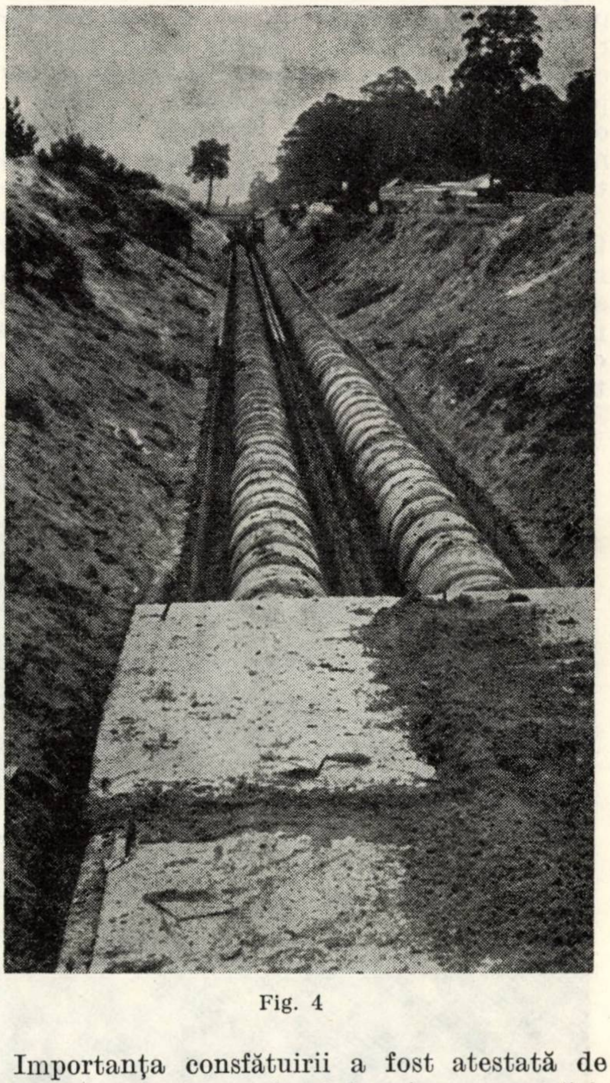


Fig. 4

Importanţa consfătuirii a fost atestată de calitatea ridicată a referatelor şi a comunicărilor, de numărul mare de discuţii şi de nivelul elevat al acestora.

Ing. M. Voinea
şi ing. N. Niculescu

* * *

A 8-a sesiune a Conferinţei Mondiale a Energiei

Conferinţa Mondială a Energiei, organizaţie internaţională cuprinzînd reprezentanţi ai unui număr de 65 state, îşi desfăşoară periodic sesiunile sale plenare şi parţiale, în care sînt tratate probleme ale energiei sub diverse aspecte.

Comitetului Naţional Român pentru Conferinţa Mondială a Energiei îi revine onoarea de a organiza în acest an cea de-a 8-a sesiune a Conferinţei Mondiale a Energiei, care urmează să aibă loc între 28 iunie şi 2 iulie la Bucureşti. Comitetul de organizare este prezidat de Octavian Groza, ministrul energiei electrice, preşedinte al Comitetului Naţional Român pentru Conferinţa Mondială a Energiei şi vicepreşedinte al Consiliului Executiv Internaţional al acestei organizaţii. Tema sesiunii — „Progrese în valorificarea energiei, în special prin folosirea complexă" — oferă specialiştilor un bun prilej de a trece în revistă cele mai recente progrese în domeniul energiei.

În perioada desfăşurării conferinţei, în afară de şedinţele de lucru vor fi organizate vizite tehnice în Bucureşti, precum şi un bogat program cultural. Înainte şi după sesiune vor fi organizate vizite de studii şi excursii turistice, prilej de a prezenta participanţilor cele mai importante obiective energetice şi zone turistice din ţara noastră.

Lucrările conferinţei vor avea loc în Sala Palatului Republicii Socialiste România.

Cu ocazia desfăşurării sesiunii vor avea loc şi şedinţe ale Consiliului Executiv Internaţional.

Programul calendaristic al conferinţei

26 iunie 1971

9—20 — Înscrierea participanţilor la conferinţă.
9—12 — Şedinţa Consiliului Executiv Internaţional.
14—17 — Şedinţa Consiliului Executiv Internaţional (continuare).

27 iunie 1971

9—20 — Înscrierea participanţilor la conferinţă.
9—12— Şedinţa Consiliului Executiv Internaţional (continuare).
9—12 — Vizite turistice în Bucureşti.
14—17 — Şedinţa Consiliului Executiv Internaţional (continuare, dacă va fi necesar).

28 iunie 1971

9—12 — Festivitatea de deschidere.
14—17 — Şedinţă tehnică (diviziunea 1).
20 — Recepţie oferită tuturor participanţilor şi persoanelor însoţitoare.

29 iunie 1971

9—12 — Şedinţe tehnice (diviziunile 1 şi 2).
9—12 — Vizite tehnice şi turistice.
14—17 — Şedinţă tehnică (diviziunea 2).
14—17 — Vizite tehnice şi turistice.
20 — Spectacol de folclor.

30 iunie 1971

9—12 — Şedinţe tehnice (diviziunile 2 şi 3).
9—12 — Vizite tehnice şi turistice.
14—17 — Şedinţă tehnică (diviziunea 3).
14—17 — Vizite tehnice şi turistice.

1 iulie 1971

9—12 — Şedinţe tehnice (diviziunile 3 şi 4).
9—12 — Vizite tehnice şi turistice.
14—17 — Şedinţă tehnică (diviziunea 4).
14—17 — Vizite tehnice şi turistice.
20 — Spectacol de gală.

2 iulie 1971

9—12 — Şedinţă tehnică (diviziunea 5).
9—12 — Şedinţa Consiliului Executiv Internaţional (continuare).
9—12 — Masă rotundă cu tema „Transportul de mari cantităţi de căldură la mari distanţe".
14—17 — Masă rotundă cu tema „Energia şi mediul înconjurător".
17—18 — Festivitate de închidere.
20 — Recepţie oferită tuturor participanţilor şi persoanelor însoţitoare.

Prin dezbaterea problemelor legate de introducerea unor procese separate noi sau ameliorarea unor procese existente şi promovarea valorificării superioare a energiei prin folosire complexă, conferinţa oferă prilejul de a se trece în revistă cele mai recente realizări în domeniul energeticii. Subiectele tratate sînt grupate pe diviziuni şi secţii, astfel:

Diviziunea 1. *Cereri de energie: aspecte noi în dezvoltarea tehnică şi economică.*
  Secţia 1.1. Industrie.
  Secţia 1.2. Consumul casnic de energie.
  Secţia 1.3. Centre populate noi sau în dezvoltare rapidă.
  Secţia 1.4. Agricultură.
  Secţia 1.5. Alte domenii (transport, comerţ).
  Secţia 1.6. Consumul total de energie.

Diviziunea 2. *Procese noi sau progrese cu caracter general privind ameliorarea proceselor separate de producere, transport, transformare şi consum de energie.*
  Secţia 2.1. Consideraţii economice şi concepţia generală.
  Secţia 2.2. Energie hidraulică.
  Secţia 2.3. Combustibili clasici.
  Secţia 2.4. Energie nucleară.
  Secţia 2.5. Alte surse de energie şi de producere directă a energiei electrice.

Diviziunea 3. *Scheme şi instalaţii pentru utilizări complexe ale energiei în scopuri multiple.*
  Secţia 3.1. Principii generale sau concepţii de ansamblu care pot îmbunătăţi valorificarea energiei prin utilizare complexă.
  Secţia 3.2. Utilizarea complexă a resurselor hidraulice.
  Secţia 3.3. Utilizarea complexă a combustibililor clasici în industrie.
  Secţia 3.4. Utilizarea complexă a combustibililor clasici în alte domenii.
  Secţia 3.5. Utilizarea complexă a combustibililor clasici pentru alimentarea cu energie a centrelor populate noi sau în dezvoltare rapidă.
  Secţia 3.6. Utilizarea complexă a energiei nucleare.

Diviziunea 4. *Metode noi de calcul tehnic şi economic promovînd o mai bună utilizare a energiei.*
  Secţia 4.1. Metode noi privind prognoza evoluţiei consumului de energie.
  Secţia 4.2. Metode pentru calculul unei mai bune utilizări a energiei.
  Secţia 4.3. Criterii de evaluare a investiţiilor şi cheltuielilor anuale şi metode de detaliere pe diferite utilizări.

Diviziunea 5. *Implicaţii economice şi sociale ale îmbunătăţirii utilizării energiei.*
Secţia 5.1. În ţările industriale.
Secţia 5.2. În ţările în curs de dezvoltare.

În cadrul şedinţelor de lucru se vor dezbate cele circa 250 de rapoarte prezentate la conferinţă, pe baza rapoartelor generale întocmite pentru fiecare diviziune de raportorii generali desemnaţi în acest scop.

Printre rapoartele tehnice ce vor fi prezentate în cadrul conferinţei se numără şi cele 24 de rapoarte pregătite de specialişti români în care sînt tratate aspecte variate ale dezvoltării energeticii româneşti, ca : „Evoluţia termoenergeticii în România" ; „Aspecte ale utilizării complexe a resurselor de huilă ale R.S. România" ; „Dezvoltarea sistemului energetic în cadrul general al progresului economic şi social al României" ş.a., sau diferite probleme care au constituit preocupări ale cercetătorilor români, cum sînt rapoartele : „Intensificarea proceselor de ardere. Realizări recente în studiul proceselor de ardere şi al echipamentelor" ; „Modul de simulare pentru elaborarea unui program pe termen îndelungat pentru energia nucleară" ; „Căi de îmbunătăţire a prognozelor asupra energiei electrice" ; „Soluţii de optimizare în domeniul energeticii pe baza criteriilor de siguranţă" etc.

În scopul afectării unui timp cît mai mare discuţiilor, rapoartele tehnice nu vor fi citite sau prezentate în şedinţe. Persoanele care doresc să ia cuvîntul vor preda secretariatului, cu 24 de ore înainte de şedinţa respectivă, textul sau cel puţin un rezumat al expunerii pe care doresc s-o facă, precum şi o estimaţie a duratei intervenţiei lor.

În urma examinării textelor propuse pentru expunere, preşedintele şedinţei va reţine numele persoanelor care vor fi invitate să ia cuvîntul, precum şi ordinea intervenţiei lor. Nu va fi încurajată citirea de texte dinainte pregătite, care s-ar putea să nu fie direct legate de discuţie.

În perioada desfăşurării conferinţei, participanţii au posibilitatea să viziteze cîteva obiective energetice şi ştiinţifice mai importante din Bucureşti : Centrala electrică de termoficare Bucureşti-Sud, Dispecerul energetic naţional, CEPECA şi Institutul de fizică atomică, precum şi unele obiective cu caracter turistic : Muzeul de artă al R.S. România, Muzeul satului etc.

În scopul cunoaşterii nemijlocite a celor mai importante obiective industriale şi turistice ale României, participanţilor li se oferă 8 excursii de studii cu durata de 2—9 zile, atît înaintea conferinţei (18—26 iunie), cît şi după conferinţă (3—12 iulie). Ca obiective industriale vor fi vizitate centralele termoelectrice Luduş, Deva, Brazi, Galaţi, Craiova, Borzeşti, centralele hidroelectrice Argeş, Lotru, Bicaz, Sistemul hidroenergetic şi de navigaţie Porţile de Fier, Combinatul petrochimic, rafinăria şi serele legumicole Brazi, Combinatul siderurgic Galaţi, Combinatul chimic Borzeşti, sonde de petrol şi de gaze naturale etc.

Tot în scopul unei prezentări cît mai cuprinzătoare a energeticii româneşti, revista „Energetica" publică în numărul său din luna iunie o serie de articole semnate de personalităţi proeminente ale ştiinţei şi tehnicii energetice din ţara noastră.

Printre obiectivele turistice mai importante ce vor fi vizitate se enumeră litoralul Mării Negre, Delta Dunării, Porţile de Fier, Valea Oltului, Valea Prahovei, Cheile Bicazului, oraşele Braşov, Sibiu, Sighişoara, Tîrgu Jiu, mînăstirile din nordul Moldovei ş.a.

CĂTRE AUTORI

Autorii care doresc să obțină exemplare din numerele revistei „ENERGETICA” în care le apar articole sînt rugați să ne comunice în scris, o dată cu predarea manuscrisului respectiv în redacție, numărul de exemplare dorit (maximum 10 exemplare). Contravaloarea — 5 lei exemplarul — va fi reținută din drepturile de autor pe baza solicitării scrise.

RĂȘINILE SCHIMBĂTOARE DE IONI VARION

au o mare importanță în industria chimică, agricultură, viticultură, geologie, în fabricile de zahăr, în industria textilă și spălătorii

VARION KS și KC	schimbători cationici
VARION AT 660 AD și AP	schimbători anionici
VARION AT 400	instalații de evacuare, schimbătoare de anioni, cu elemente poroase
VARION ADA	schimbător săptămînal de anioni
VARION MX 1, 2, 3, 6	rășini pentru pat mixt

Stabilitatea chimică și fizică ridicată face ca rășinile schimbătoare de ioni VARION să fie excelente pentru tratarea apei și pentru procese chimice.

Vă rugăm să cereți caracteristicile și descrierea lor completă la:

CHEMOLIMPEX

Societatea Comercială Maghiară
pentru Produse Chimice
Budapesta 5. P.O.B. 121

PUBLICOM

Revista „ENERGETICA” — organ al Ministerului Energiei Electrice și al Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor din R.S. România (CNIT). Redacția: București, str. Galați nr. 5 — 7 Sectorul II: Tel. 136683: 130053. Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinete tehnice în contul nostru de virament: nr. 30.01 01.00 B.N.R.S.R. — Sectorul VI. Tarif pentru întreprinderi lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri lei 30 anual. Prețul unui exemplar lei 5

Taxele poștale plătite în numerar conform aprobări D.G.P.T. nr. 10.1095, 1967

41 401

AVEŢI NEVOIE DE O SURSĂ DE ENERGIE?

SSSR·MOSKVA
ЭСД
ENERGOMACHEXPORT

**UN GRUP ELECTROGEN
MOBIL CU MOTOR
DIESEL ESD**
vă va veni în ajutor
PE O REMORCĂ
cu o singură sau cu două osii

**PUTEREA : 10–20–30–50–75–100–200 kW
TENSIUNEA : 230 sau 400 V
FRECVENŢA : 50 Hz**

- economie, datorită utilizării motoarelor Diesel cu indice de compresie ridicat
- funcţionare sigură în condiţii de climă diferite
- întreţinere simplă
- livrare completă

Fiecare grup este completat cu un lot de utilaje, accesorii şi piese de schimb.

Exportator :
V/O ENERGOMACHEXPORT
Str. Mosfilmovskaia 55
MOSCOVA V – 330, U.R.S.S.
Telex : 255

PUBLICOM

IPRS

PRODUCE :

PIESE RADIO

- Rezistoare fixe cu peliculă de carbon
- Rezistoare bobinate
- Termistoare
- Condensatoare cu poliester
- Condensatoare electrolitice normale
- Condensatoare electrolitice miniatură
- Condensatoare ceramice
- Condensatoare hîrtie-uz general-
- Condensatoare hîrtie metalizate
- Condensatoare telefonice
- Condensatoare auto
- Condensatoare pentru tuburi fluorescente
- Cablaje imprimate

DISPOZITIVE SEMICONDUCTOARE

- Tranzistoare cu germaniu, de joasă frecvență
  - — de mică putere
  - — de medie putere
- Tranzistoare cu germaniu de înaltă frecvență
  - — de mică putere
  - — drift de mică putere
- Diode cu germaniu contact punctiform
- Redresoare cu germaniu de medie putere
- Fotodiode cu germaniu
- Diode redresoare cu siliciu
  - — de mică putere
  - — de putere

Pentru informații suplimentare consultați cataloagele noastre

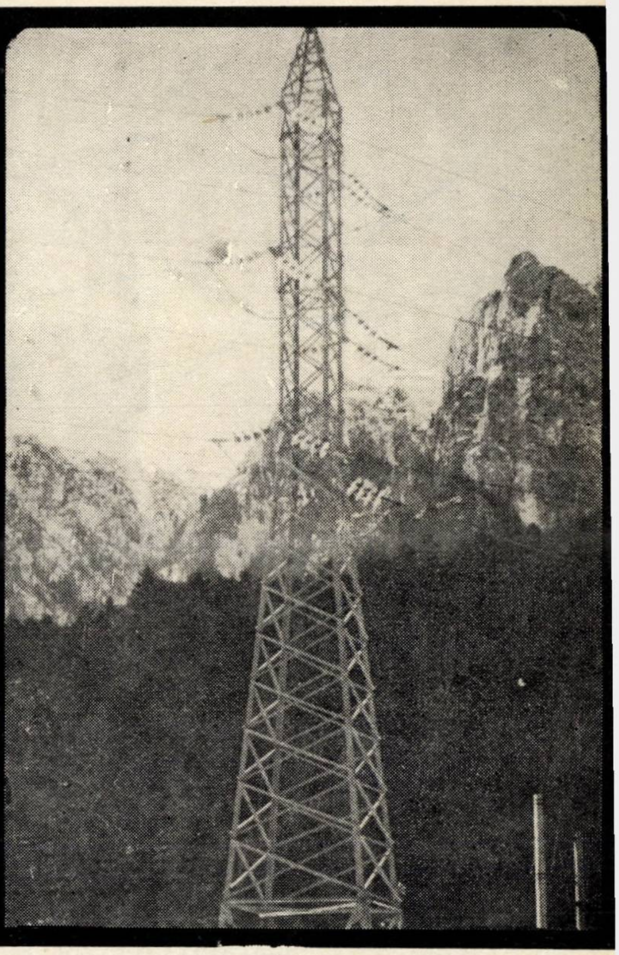
ÎNTREPRINDEREA DE PIESE RADIO ȘI SEMICONDUCTORI BĂNEASA

Str. Erou Iancu Nicolae nr. 32, sector 2, telefon 33. 38. 30, Telex 011203

ICENERG efectuează
Cercetări pentru ridicarea nivelului tehnic în proiectarea, construcţia şi exploatarea instalaţiilor şi echipamentelor energetice

ÎNTREPRINDEREA DE REŢELE
ELECTRICE SUCEAVA
str. 23 August, nr. 1

IRE



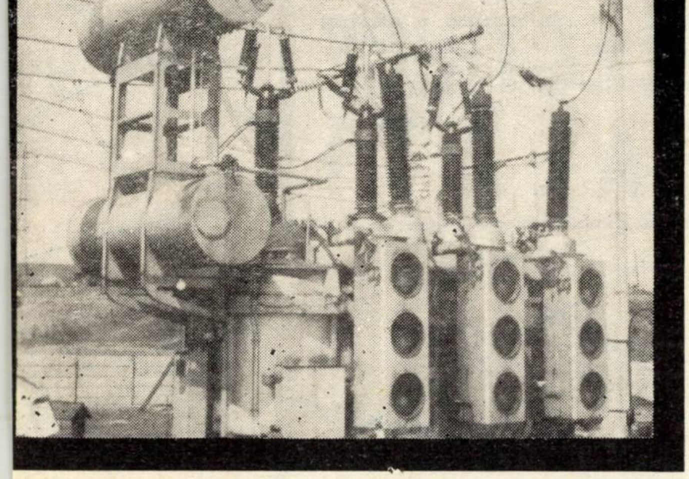
SUCEAVA

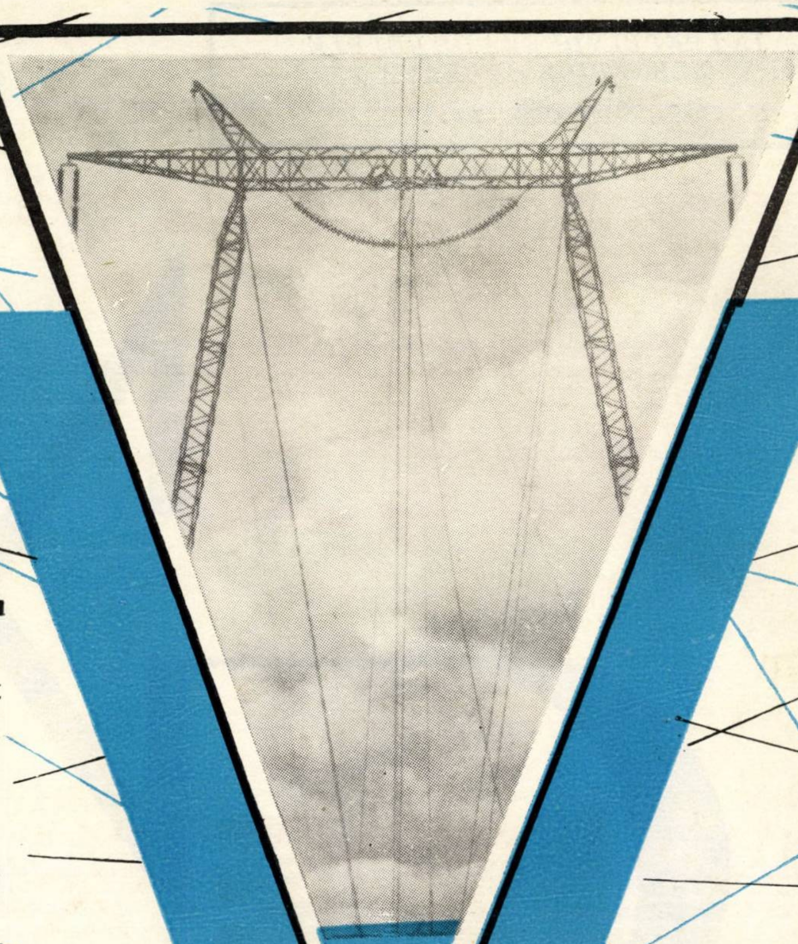
- **PROIECTEAZĂ, EXECUTĂ ŞI EXPLOATEAZĂ**

  Posturi şi staţii de transformare
  Linii electrice aeriene şi subterane de transport şi distribuţie
  Instalaţii de iluminat exterior
  Instalaţii electrice interioare

- **EFECTUEAZĂ încercări profilatice la aparatajul electric şi verificări de protecţii prin relee**

- **ASIGURĂ buna deservire a consumatorilor de energie electrică din sectorul industrial, agricol şi casnic din regiune**





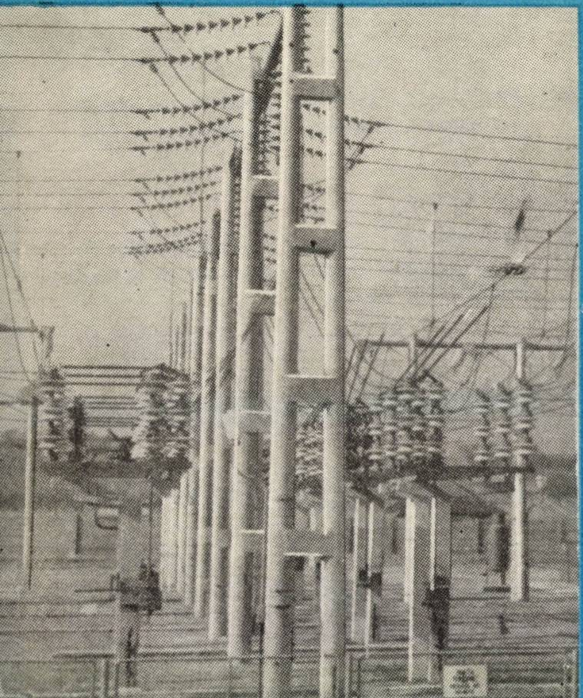
Transportă şi distribuie energie electrică pentru consumul industrial, edilitar şi casnic

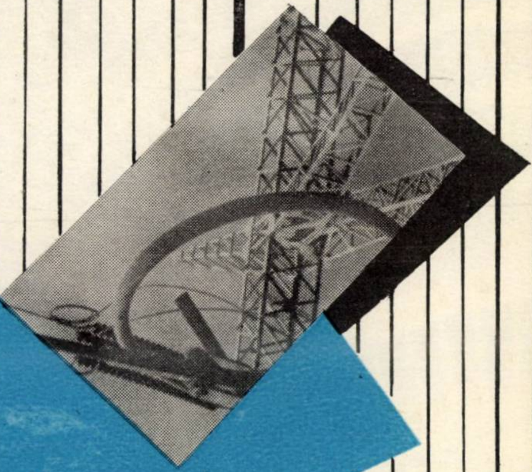
Execută verificări pentru echipament electroenergetic, aparataj electric şi instalaţii de protecţie prin relee şi automatizări.

Proiectează şi construieşte reţele de distribuţie urbane şi rurale

ÎNTREPRINDEREA

DE REŢELE ELECTRICE GALAŢI





TEM

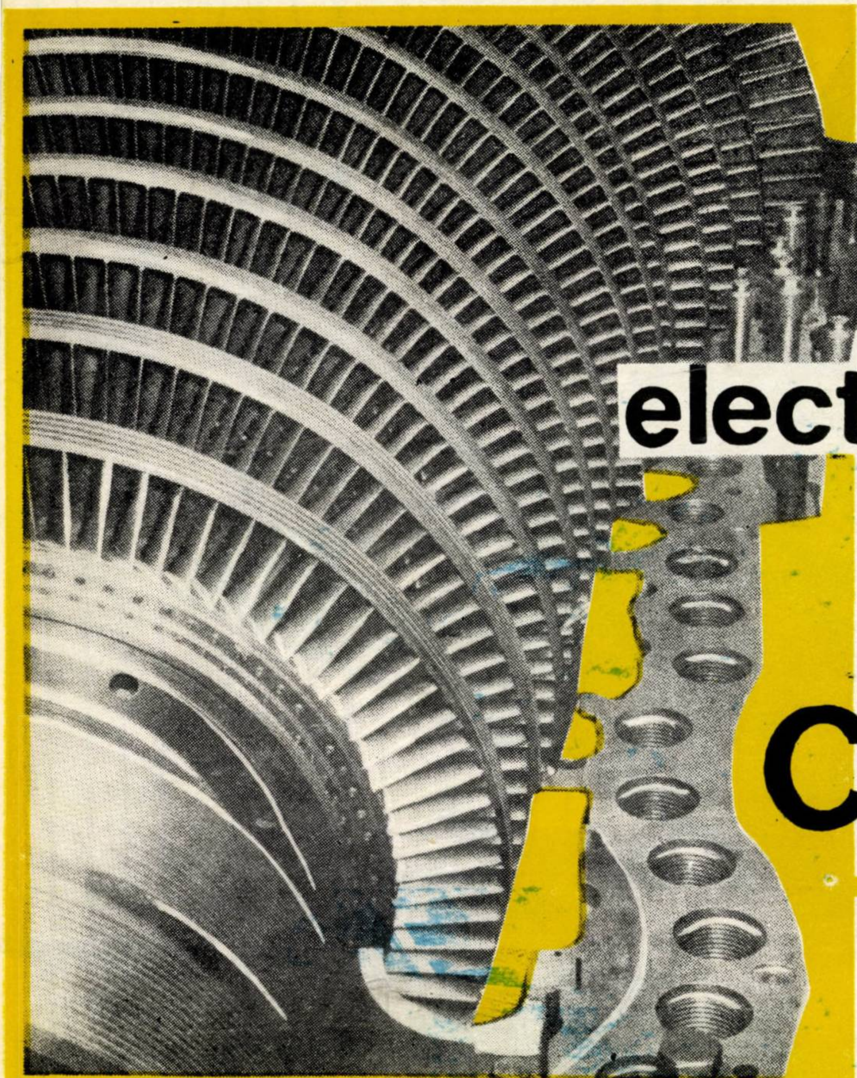
Produceprin unităţile sale industriale:

- Stîlpi metalici
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat, pretensionaţi
- Celule şi panouri pentru centrale şi staţii electrice
- Posturi de transformare urbane şi rurale complet prefabricate
- Diverse prefabricate pentru centrale electrice, staţii, posturi de transformare şi linii electrice de transport şi distribuţie

Execută prin unităţile sale de constucţii:

- Staţii electrice şi posturi de transformare
- Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV
- Linii electrice de distribuţie
- Electrificări rurale

TRUSTUL ELECTROMONTAJ
Bucureşti, Calea Moşilor nr. 158,
Tel.: 16.63.30



ÎNTREPRINDEREA

electrocentrale

Constanța

ÎNTREPRINDEREA ELECTROCENTRALE
CONSTANȚA, BD. AUREL VLAICU NR. 123

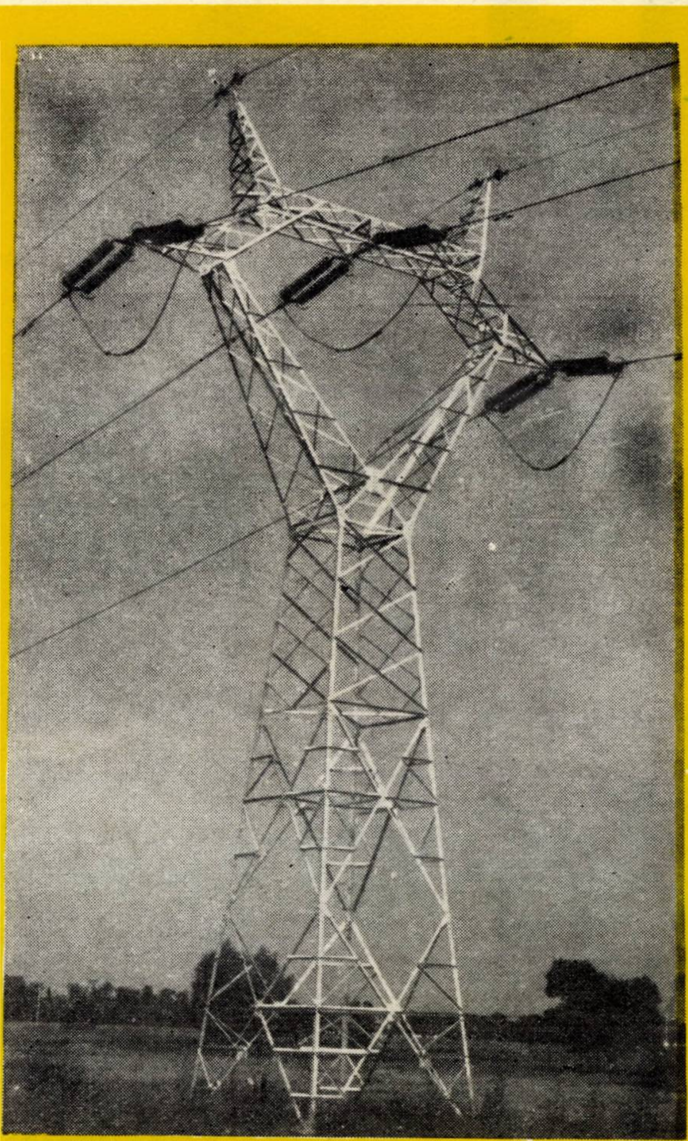
Prin centralele sale, furnizează energie electrică sistemului energetic național, asigurînd o mare parte din necesarul de energie electrică al Dobrogei.

CET Palas, în construcție, cu o putere totală instalată de 100 MW funcționează în prezent cu 50 MW

Prin această nouă centrală se asigură căldura necesară pentru zona industrială și urbană a municipiului Constanța și se ridică gradul de siguranță în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor din Dobrogea.

I R E

D E V A



Asigură buna deservire a consumatorilor de energie electrică din sectorul industrial, agricol, feroviar şi casnic din regiune

Proiectează şi execută reţele, posturi staţii de medie şi înaltă tensiune, branşamente şi instalaţii interioare în mediul urban şi rural, la orice categorie de consumatori

Proiectează şi execută automatizări şi modernizări de instalaţii electrice

ÎNTREPRINDEREA DE RETELE
ELECTRICE DEVA
Str. G. Enescu nr. 35-39

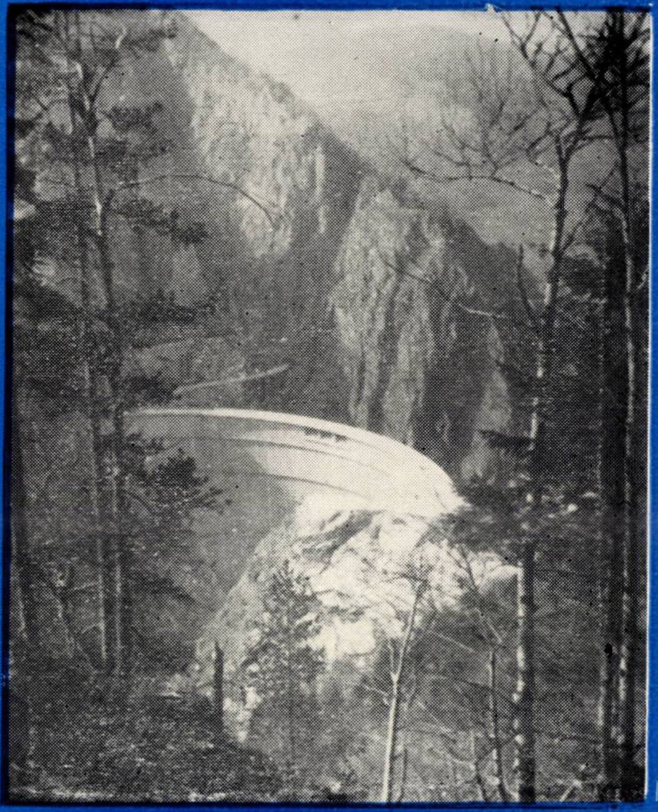
IRE

Constanța

TRANSPORTĂ ȘI DISTRIBUIE
energie electrică prin rețele de înaltă și joasă tensiune

PROIECTEAZĂ ȘI EXECUTĂ:
- Rețele de joasă tensiune
- Stații și posturi de transformare
- Instalații de iluminat exterior
- Instalații de electrificare în mediu rural
- Instalații interioare
- Branșamente

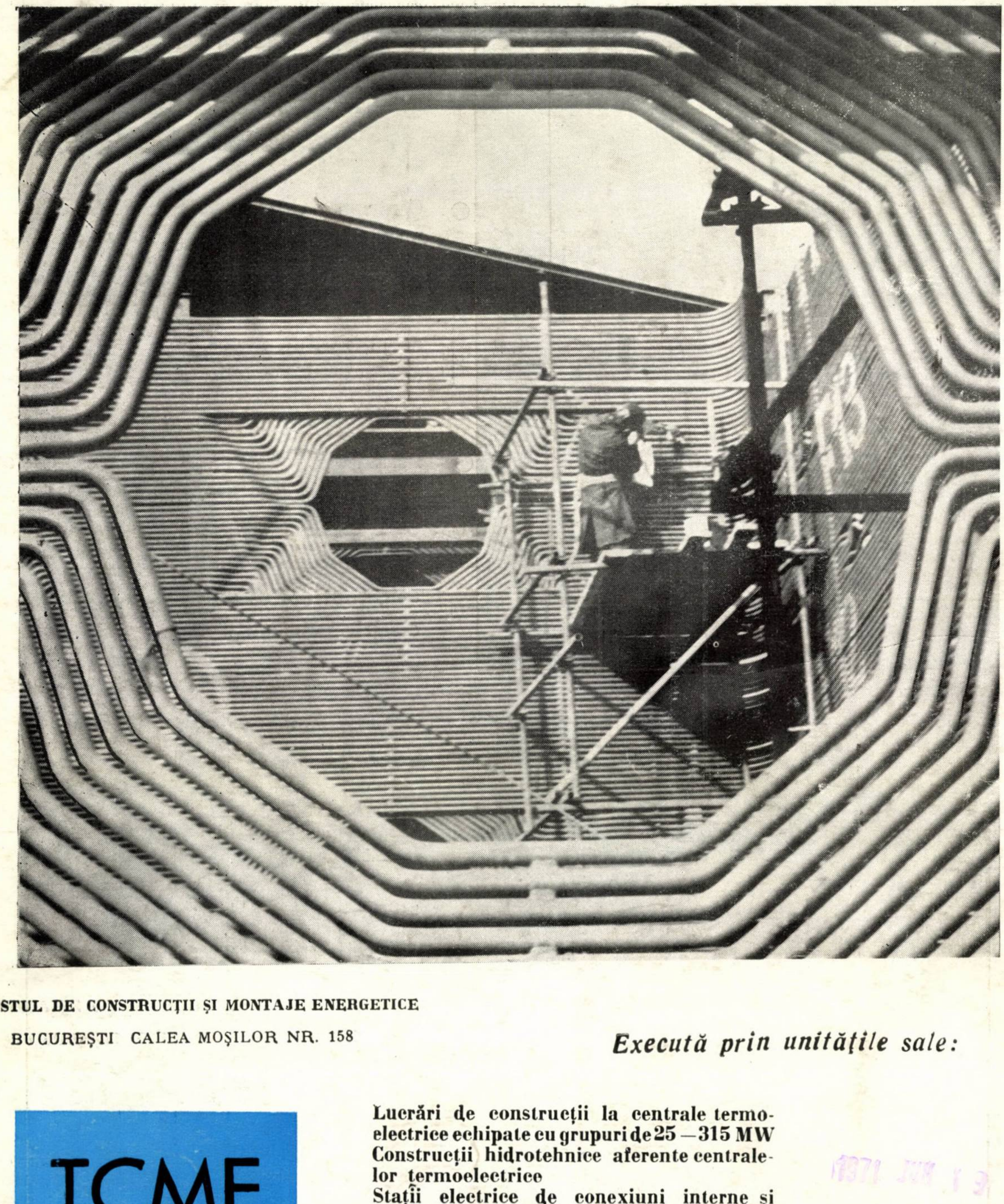
ÎNTREPRINDEREA DE REȚELE ELECTRICE
CONSTANȚA
Str. Anton Nițescu nr. 77



ÎNTREPRINDEREA DE CENTRALE
HIDROENERGETICE RM. VÎLCEA
Str. G-ral Magheru 19

- Centralele hidroelectrice ale ICH Rîmnicu Vîlcea furnizează energie electrică sistemului energetic național, fiind interconectate la acesta. Energia electrică furnizată asigură alimentarea cu energie electrică a consumatorilor industriali, agricoli și casnici din zonă.
- Principala centrală – CHE Argeș – amenajată în subteran, are o putere instalată de 220 MW, în patru grupuri de 55 MW fiecare. Este automatizată și telemecanizată, asigurînd o funcționare continuă și energie electrică de calitate.

I.C.H. RM. VÎLCEA



TRUSTUL DE CONSTRUCŢII ŞI MONTAJE ENERGETICE

BUCUREŞTI CALEA MOŞILOR NR. 158

Execută prin unităţile sale:

TCME

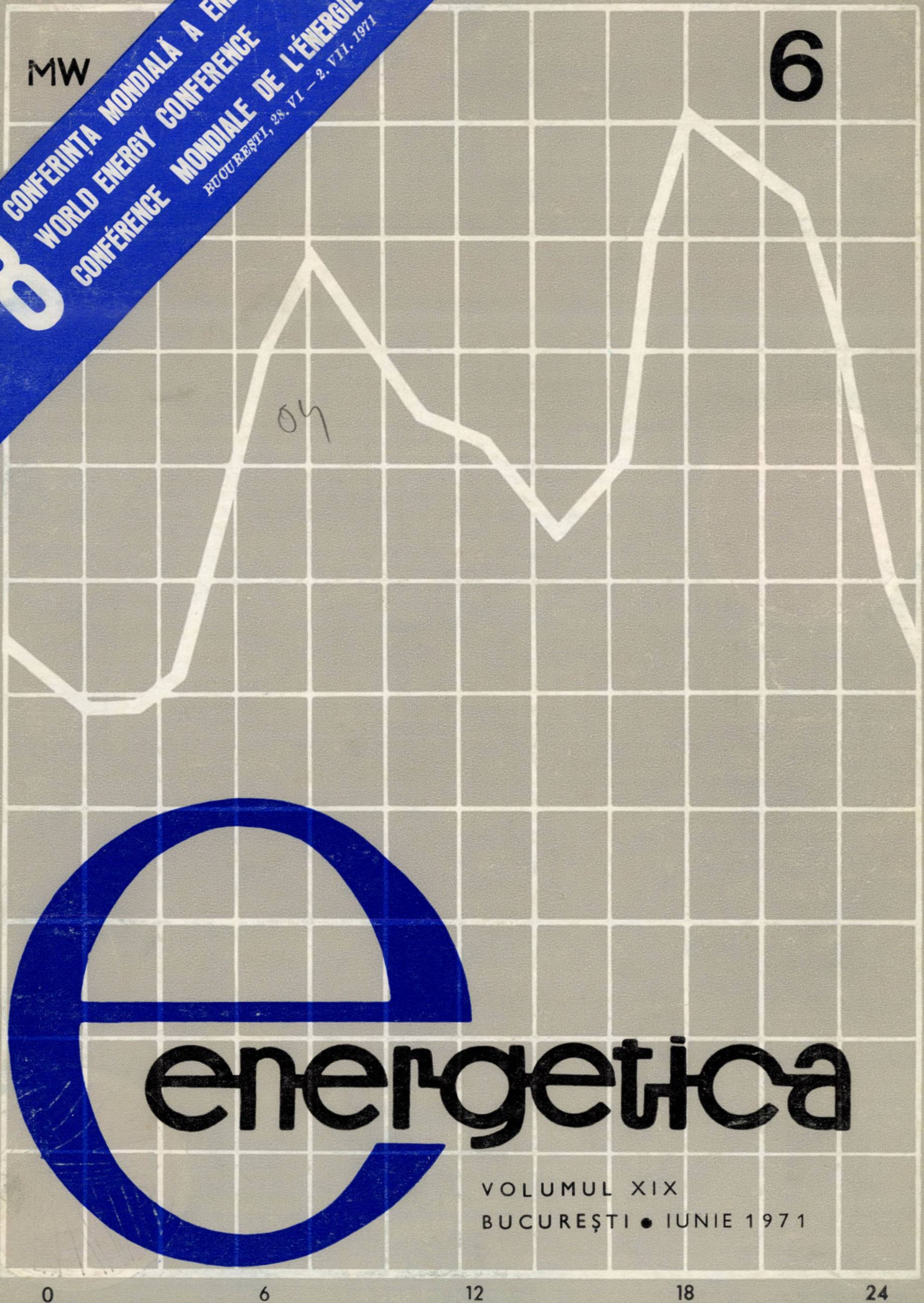
Lucrări de construcţii la centrale termoelectrice echipate cu grupuri de 25–315 MW
Construcţii hidrotehnice aferente centralelor termoelectrice
Staţii electrice de conexiuni interne şi externe de 20–400 kV aferente centralelor
Reţele de termoficare industrială şi urbană
Confecţii metalice aferente centralelor termoelectrice

Montaje de centrale termoelectrice echipate cu grupuri de 25–315 MW şi centrale hidroelectrice de 5,5–170 MW
Instalaţii hidromecanice pentru centrale electrice
Instalaţii de automatizare, mecanizare, control pentru centrale electrice

1971 JUN 1 9

E 2039

8
CONFERINȚA MONDIALĂ A ENERGIEI
WORLD ENERGY CONFERENCE
CONFÉRENCE MONDIALE DE L'ÉNERGIE
BUCUREȘTI, 28. VI – 2. VII. 1971



04

energetica

6

VOLUMUL XIX
BUCUREȘTI • IUNIE 1971

Bucureşti, Bd Dacia nr. 33
Telephone 12.05.51 - Telex 135
Telegraphic adress Romenergo - Bucharest

ROMENERGO

ROMENERGO, ENTERPRISE FOR FOREIGN TRADE, OFFERS SERVICES ENSURED BY A GROUP OF ENTERPRISES, INSTITUTES AND LABORATORIES SPECIALIZED IN ENERGETICS, STARTING FROM FEASIBILITY STUDIES UP TO COMMISSIONING AND STAFF TRAINING

ROMENERGO carries out topographic, geologic, geotechnic, hydrologic surveys, „in situ" investigations regarding soil and rock mechanics.
ROMENERGO establishes concrete formula and technology, construction materials quality, soil and rock mechanics researches, water chemistry.
ROMENERGO provides hydro-electric designs and consulting and engineering services, in all power project problems.
ROMENERGO carries out construction and erection works for power projects.
ROMENERGO supplies equipment, subassemblies and prefabricated elements for hydro-electrical constructions and equipments.
ROMENERGO carries out power objectives commissioning and operation tests.

ROMENERGO effectue des prospections topométriques, géologiques, géotechniques, hydrologiques, des travaux d'études «in situ» concernant la mécanique du sol et des roches.
ROMENERGO établit les recettes et la technologie des bétons, la qualité des matériaux de construction, les recherches de mécanique du sol et des roches, le chimisme des eaux.
ROMENERGO assure l'établissement des projets pour les objectifs énergétiques et des services de consulting et engineering, en tous problèmes énergétiques.
ROMENERGO exécute des travaux de constructions et montages énergétiques.
ROMENERGO fournit l'équipement, l'outillage, les sous-ensembles et les préfabriqués pour constructions et installations énergétiques.
ROMENERGO exécute des essais, des vérifications et des tests pour la mise en fonction et la mise en exploitation des installations énergétiques.

THE SERVICES AND WORKS ARE SUPPLIED FOR

- thermal plants and combined heat and power production plants with boilers of any capacities and high operational parameters, and with turbosets up to 350 MW per unit ;
- hydro-electric developments and hydro-electric power stations with turbines of any types and capacity ;
- plants with Diesel engines sets of any capacities ;
- overhead lines up to 400 kV voltage ;
- indoor or outdoor substations, for networks or consumers up to 400 kV voltage ;
- overhead lines or cables for high, medium and low voltage;
- industrial, urban or rural transformer posts for any transformation rate ;
- industrial, urban and rural electrifications.

ROMENERGO USES

- well-equipped specialized enterprises ;
- modern work methods and technologies ;
- skilled specialists of large experience.

ROMENERGO UTILISE

- des entreprises spécialisées bien outillées ;
- les méthodes de travail et les technologies les plus modernes ;
- des spécialistes de haute qualification et ayant une riche expérience.

The works and installations may be carried out with materials, prefabricated elements and equipment furnished by ROMENERGO or placed at its disposal, partially or entirely, by the customers.
ROMENERGO serves you in the best and economical conditions.

Request information and tenders at ROMENERGO

Les travaux et les installations peuvent être exécutés avec des matériaux, préfabriqués, outillages et équipements fournis par ROMENERGO ou mis à sa disposition, partiellement ou totalement, par les clients.
ROMENERGO est à votre service dans les meilleures et les plus économiques conditions.

Demandez des informations et offres à ROMENERGO

E 2039

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL
AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

ANUL 19 Nr. 6 Iunie

Cuprinsul

		Pag.
	A VIII-a CONFERINŢĂ MONDIALĂ A ENERGIEI	245
Groza, O.	**Dezvoltarea energeticii româneşti în contextul economiei naţionale**	247–251
Almăşan, B.	**Producţia şi utilizarea cărbunelui în România**	252–255
Pacoste, Gh.	**Producţia şi utilizarea ţiţeiului şi a gazelor naturale în România**	256–260
Iorgulescu, Fl.	**Principiile de amenajare a resurselor de apă ale României**	261–264
Răduleţ, R., Mihăileanu, C., Groza, L.	**Dezvoltarea cercetării în energetica României**	265–269
Armencoiu, N.	**Concepţia de dezvoltare a sistemului energetic naţional**	270–279
Stăncescu, I. D., Mişu, Al., Voinea, M.	**Dezvoltarea termoficării în România**	280–286
Nitu, V. I., Burducea, C., Moţoiu, C., Renţea, D., Goldenberg, C.	**Dezvoltarea centralelor termoelectrice în România**	287–295
Stoica, Gh.	**Dezvoltarea reţelelor electrice în România**	296–304
Vlad, Al.	**România în cadrul cooperării energetice internaţionale**	305–310
Vîlciu, Cr.	**Principalele aspecte ale exploatării instalaţiilor energetice în România**	311–317
Miliţescu, Gh., Gilbert, A., Ionescu, M.	**Activitatea de construcţii şi montaj, legată de execuţia obiectivelor energetice din România în perioada 1966–1970**	318–328
Marcu, B.	**Energetica industrială a României**	329–332

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. ing. I. D. STĂNCESCU, redactor responsabil, ing. G. IORGULESCU, redactor responsabil adjunct, conf. ing. I. A. BADEA, ing. ST. BERENGHI, conf. ing. A. COGĂLNICEANU, dr. ing. P. DIMO, membru corespondent al Academiei Republicii Socialiste România, laureat al Premiului de Stat, ing. H. FURTUNESCU, ing. P. IFTIME, ing. L. LUCA, ing. B. MARCU, dr. ing. A. MĂCRIŞ, conf. ing. C. MIHĂILEANU, prof. dr. ing. V. I. NITU, ing A. SPÎNU, ing. R. ZANE

OFICIUL DE DOCUMENTARE ENERGETICĂ

OFICIUL DE DOCUMENTARE ENERGETICA

BUCUREŞTI, STR. GALAŢI NR. 5–7 SECTORUL 2

OFICIUL DE DOCUMENTARE ENERGETICĂ (O.D.E.) IS THE SPECIALITY BODY OF THE MINISTRY OF ELECTRIC ENERGY FOR TECHNICAL AND ECONOMICAL INFORMATION AND DOCUMENTATION IN THE ELECTRIC POWER BRANCH

ODE publishes and puts into circulation specialized technical journals in energetics.

ODE publishes and puts into circulation documentary periodical publications

ODE publishes and puts into circulation departmental technical publications : technical orders (normatives, regulations, instructions, technical regulations, operation sheet, intern standards, etc.), labour protection norms and guides, technical studies, documentary syntheses, etc.

ODE publishes and puts into circulation popularization material and technical-economical propaganda : posters, foldings, pamphlets, albums, etc.

ODE carries out, on demand, translations of any languages of technical materials and documentations such as : articles, reports, orders, products, catalogues, prospectus, and other speciality papers.

ODE publie et transmet les matériaux de popularisation et propagande technique et économique : affiches, dépliants, brochures, albums, etc.

ODE exécute, sur demande, des traductions de toute langue etrangère de matériaux et documentations techniques, à savoir : articles, rapports techniques, prescriptions, catalogues de produits, prospectus et autres travaux de spécialité.

ODE publie et transmet les revues techniques de spécialité du domaine énergétique.

ODE publie et transmet les publications périodiques documentaires concernant le domaine énergétique.

ODE publie et transmet les publications techniques départamentales : prescriptions techniques (normatifs, réglements, instructions, conditions techniques, fiches technologiques, normes internes, etc.), normes et guides de protection du travail, études techniques, synthèses documentaires, etc.

Les revues techniques éditées par l'ODE :
The technical journals published by ODE :

— L'Énergétique (Energetics)
— La production, le transport et la distribution de l'énergie électrique et thermique (Generating, transport and distribution of electric and thermal power)
— Constructions et montages énergétiques (Power constructions and erections)
—Etudes et recherches énergétiques (Energetics studies and researches)

Les publications périodiques éditées par l'ODE :
Documentary periodicals published by ODE :

— Information bulletin for energetics managing staff (Bulletin pour le personnel dirigeant du domaine énergétique)
— Documentary bulletin in energetics (Bulletin de documentation technique dans le domaine énergétique)
— Selective booklets on given themes Cahiers sélectifs pourthèmes donnés :
— Designing and achievement of power constructions and equipment (L'établissement des projets et la construction des installations énergétiques)
— Power equipment commissioning, maintenance and repairs (L'exploitation, l'entretien et la réparation des installations énergétiques)
— Power economy (L'économie d'énergie)
— Labour protection and fire protection in power constructions and equipment (La protection du travail conet la surveillance contre les incendies dans les structions et installations énergétiques)
- Documentary cards (Fiches documentaires)

Subscribe to the documentary journals and periodicals published by O.D.E. in order to be ***well informed*** *on all* ***technical*** *problems and news occuring in the research, achievement, and commissioning activities in the energetics.*

Consultez les revues et les publications périodiques éditées par l'ODE pour être au courant avec tous les problèmes et nouveautés techniques parus dans les activités de recherche, établissement de projets, exécution et exploitation du domaine énergétique

СОДЕРЖАНИЕ

8-я Мировая Энергетическая Конференция

Гроза, О.: **Развитие румынской энергетики в разрезе народного хозяйства**

Energetica 19 (1971), №. 6, стр. 247–251

Алмэшан, Б.: **Добыча и использование угля в Румынии**

Energetica 19 (1971), №. 6, стр. 252–255

Пакосте, Г.: **Добыча и использование нефти и природного газа в Румынии**

Energetica 19 (1971), №. 6, стр. 256–260

Иоргулеску, Фл.: **Принципы устройства водных ресурсов в Румынии**

Energetica 19 (1971), №. 6, стр. 261–264

Рэдулец, Р., Михэйляну, К., Гроза, Л.: **Развитие исследований в энергетике в Румынии**

Energetica 19 (1971), №. 6, стр. 265–269

Арменкою, Н: **Принципы развития национальной энергетичеслой системы в Румынии**

Energetica 19 (1971), №. 6, стр. 270–279

Стэнческу, И. Д., Мишу, Ал., Войня, М.: **Развитие теплофикации в Румынии**

Energetica 19 (1971), №. 6, стр. 280–286

Ниту, В. И., Бурдуча, К., Моцоиу, К., Ренця, Д., Гольденберг, К.: **Развитие теплоэлектростанций в Румынии**

Energetica 19 (1971), №. 6, стр. 287–295

Стойка, Г.: **Развитие электрических сетей в Румынии**

Energetica 19 (1971), №. 6, стр. 296–304

Влад, Ал.: **Румыния в рамках международного энергетического сотрудничества**

Energetica 19 (1971), №. 6, стр. 305–310

Вылчу, Кр.: **Характерные черты эксплуатации энергетических установок в Румынии**

Energetica 19 (1971), №. 6, стр. 311–317

Милицеску, Г., Жильберт, А., Ионеску, М.: **Строительно-монтажная деятельность в области сооружения энергетических объектов в Румынии**

Energetica 19 (1971), №. 6, стр. 318–328

Марку, Б.: **Промышленная энергетика Румынии**

Energetica 19 (1971), №. 6, стр. 329–332

INHALTSVERZEICHNIS

8. Weltkraftkonferenz

Groza, O. : **Entwicklung der Energiewirtchaft im Rahmen der rumänischen Volkswirtschaft**

Energetica 19 (1971), H. 6, S. 247–251

Almășan, B. : **Kohlenförderung und -Nutzung in Rumänien**

Energetica 19 (1971), H. 6, S. 252–255

Pacoste Gh. : **Förderung und Verwertung von Erdöl und Naturgas in Rumänien**

Energetica 19 (1971), H. 6, S. 256–260

Iorgulescu, Fl. : **Grundsätze des Ausbaues von Wasserläufen in Rumänien**

Energetica 19 (1971), H. 6, S. 261–264

Răduleț, R., Mihăileanu, C., Groza, L. : **Entwicklung der Forschungen im Fragen der Energiewirtschaft**

Energetica 19 (1971), H. 6, S. 265–269

Armencoiu, N. : **Grundzüge der Entwicklung des Landesverbundnetzes**

Energetica 19 (1971), H. 6, S. 270–279

Stăncescu, I.D., Mișu, Al., Voinea, M. : **Entwicklung der Fernheizwirtschaft in Rumänien**

Energetica 19 (1971), H. 6, S. 280–286

Nitu, V.I., Burducea, C., Moțoiu, C., Rențea, D., Goldenberg, C. : **Ausbau von Dampfkraftwerken in Rumänien**

Energetica 19 (1971), H. 6, S. 287–295

Stoica, Gh. : **Entwicklung elektrischer Netze in Rumänien**

Energetica 19 (1971), H. 6, S. 296–304

Vlad, Al. : **Rumänien im Rahmen internationaler Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Energiewirtschaft**

Energetica 19 (1971), H. 6, S. 305–310

Vîlciu, Cr. : **Die Grundzüge des Betriebs von Anlagen der Energiewirtschaft**

Energetica 19 (1971), H. 6, S. 311–317

Milițescu, Gh., Gilbert, A., Ionescu, M. : **Bau- und Montageleistungen für Errichtungen von Anlagen der Energiewirtschaft**

Energetica 19 (1971), H. 6, S. 318–328

Marcu, B. : **Industriekraftwerke in Rumänien**

Energetica 19 (1971), H. 6, S. 329–332

SOMMAIRE

La 8 -ème Conférence Mondiale de l'Énergie

Groza, O. : **Le développement de l'énergétique roumaine dans le contexte de l'économie nationale**

Energetica 19 (1971), no. 6, p. 247–251

Almăşan, B. : **La production et l'utilisation des charbons en Roumanie**

Energetica 19 (1971), no. 6, p. 252–255

Pacoste, Gh. : **La production et l'utilisation du pétrole et du gaz naturel en Roumanie**

Energetica 19 (1971), no. 6, p. 256–260

Iorgulescu, Fl. : **Les principes d'aménagement des ressources d'eau de la Roumanie**

Energetica 19 (1971), no. 6, p. 261–264

Răduleţ, R., Mihăileanu, C., Groza, L. : **Le développement des recherches dans l'énergétique roumaine**

Energetica 19 (1971), no. 6, p. 265–269

Armencoiu, N. : **La conception du développement du réseau national**

Energetica 19 (1971), no. 6, p. 270–279

Stăncescu, I.D., Mişu, Al., Voinea, M. : **Développement de la production combinée chaleur/force en Roumanie**

Energetica 19 (1971), no. 6, p. 280–286

Nitu, V.I., Burducea, C., Moţoiu, C., Renţea, D., Goldenberg, C. : **Le développement des centrales thermiques en Roumanie**

Energetica 19 (1971), no. 6, p. 287–295

Stoica, Gh. : **Le développement des réseaux électriques en Roumanie**

Energetica 19 (1971), no. 6, p. 296–304

Vlad, Al. : **La Roumanie dans le cadre de la coopération énergétique internationale**

Energetica 19 (1971), no. 6, p. 305–310

Vîlciu, Cr. : **Principaux aspects de l'exploitation des installations énergétiques en Roumanie**

Energetica 19 (1971), no. 6, p. 311–317

Miliţescu, Gh., Gilbert, A., Ionescu, M. : **L'activité de construction et de montage pour l'exécution des objectifs énergétiques en Roumanie**

Energetica 19 (1971), no. 6, p. 318–328

Marcu, B. : **L'énergétique industrielle de la Roumanie**

Energetica 19 (1971), no. 6, p. 329–332

CONTENTS

The eighth World Energy Conference

Groza, O. : **Development of Romanian energetics as part of the national economy**

Energetica 19 (1971), nr. 6, p. 247–251

Almăşan, B. : **Coal production and use in Romania**

Energetica 19 (1971), nr. 6, p. 252–255

Pacoste, Gh. : **The production and utilization of crude oil and natural gas in Romania**

Energetica 19 (1971), nr. 6, p. 256–260

Iorgulescu, Fl. : **Principles ruling the development of water resources of Romania**

Energetica 19 (1971), nr. 6, p. 261–264

Răduleţ, R., Mihăileanu, C., Groza, L. : **Development of research in Romanian energetics**

Energetica 19 (1971), nr. 6, p. 265–269

Armencoiu, N. : **The conception of the Romanian power system development**

Energetica 19 (1971), nr. 6, p. 270–279

Stăncescu, I.D., Mişu, Al., Voinea, M. : **Progress of combined heat and power production in Romania**

Energetica 19 (1971), nr. 6, p. 280–283

Nitu V.I., Burducea, C., Moţoiu, C., Renţea, D., Goldenberg, C. : **The development of thermal power stations în Romania**

Energetica 19 (1971), nr. 6, p. 287–295

Stoica, Gh. : **Development of electric networks in Romania**

Energetica 19 (1971), nr. 6, p. 296–304

Vlad, Al. : **Romania in the frame of international co-operation in the field of energetics**

Energetica 19 (1971), nr. 6, p. 305–310

Vîlciu, Cr. : **Main features of power plant operating conditions in Romania**

Energetica 19 (1971), nr. 6, p. 311–317

Miliţescu, Gh., Gilbert, A., Ionescu, M. : **The construction and assembly activity related to the development of energy projects in Romania from 1966 to 1970**

Energetica 19 (1971), nr. 6, p. 318–323

Marcu, B. : **The industrial power policy of Romania**

Energetica 19 (1971), nr. 6, p. 329–332

A 8-a CONFERINŢĂ MONDIALĂ A ENERGIEI

Comitetul Naţional Român pentru Conferinţa Mondială a Energiei are deosebita cinste de a fi gazda celei de-a 8-a sesiuni plenare a acestei prestigioase organizaţii energetice internaţionale, care se va desfăşura la Bucureşti între 28 iunie şi 2 iulie 1971.

Înfiinţată în anul 1924, printre membrii fondatori figurînd şi Comitetul Naţional Român, Conferinţa Mondială a Energiei numără actualmente ca membri comitete naţionale din 67 de ţări. Credincioasă obiectivelor sale iniţiale, Conferinţa Mondială a Energiei se dedică promovării valorificării superioare a resurselor de energie primară, în special din punctul de vedere al coordonării şi optimizării folosirii de ansamblu a diferitelor forme de energie. În acest scop organizează un larg schimb de experienţă internaţional prin sesiuni tehnice, comitete de specialitate sau legături directe între comitetele naţionale şi specialişti.

Pe linia celor mai actuale preocupări energetice, tema sesiunii plenare de la Bucureşti este : „Progrese în valorificarea energiei, în special prin utilizarea ei complexă".

Pe baza interesantelor rapoarte înaintate şi a participării anunţate a unui număr impresionant de energeticieni de mare renume, schimbul de opinii şi experienţă se anunţă a fi deosebit de interesant şi fructuos.

Comitetul Naţional Român a depus şi va depune toate eforturile pentru a crea condiţii optime de desfăşurare a lucrărilor acestei sesiuni şi pentru a oferi în acelaşi timp distinşilor oaspeţi ocazia de a cunoaşte realizările energetice româneşti, frumuseţi turistice ale ţării noastre şi tradiţionala ospitalitate a poporului român. În acest scop, în timpul lucrărilor, dar mai ales înainte şi după sesiune, se va desfăşura un variat program de vizite şi excursii de studii cu obiective energetice, dar şi turistice, pe diferite trasee şi durate.

În dorinţa de a pune la dispoziţia participanţilor la Conferinţă un material informativ de sinteză din care să poată urmări uşor preocupările şi dezvoltarea energetică a României, revista „Energetica" a dedicat numărul său din luna iunie special acestui scop, redînd succint într-o serie de articole caracteristice evoluţia în sectoarele energetice cele mai importante.

Sîntem siguri că participanţii români la lucrările sesiunii, precum şi personalul numeroaselor instituţii energetice care vor fi vizitate, vor fi fericiţi de a oferi informaţiile dorite de oaspeţii noştri, de pe toate continentele, cărora le urăm şi pe această cale bun-venit în ţara noastră şi o şedere cît mai fructuoasă şi plăcută.

OCTAVIAN GROZA,
ministrul energiei electrice,
preşedintele Comitetului Naţional Român
pentru Conferinţa Mondială a Energiei

DEZVOLTAREA ENERGETICII ROMÂNEȘTI ÎN CONTEXTUL ECONOMIEI NAȚIONALE

Octavian Groza,
ministrul energiei electrice

Considerații generale cu privire la dezvoltarea economiei

Economia națională a României, bazată pe proprietatea socialistă asupra mijloacelor de producție, temelie a orînduirii socialiste, se dezvoltă prin planuri de stat, care asigură ritmuri înalte de creștere în toate ramurile de activitate. Pîrghia principală a desfășurării progresului economic o constituie politica Partidului Comunist Român, întemeiată pe aplicarea creatoare a învățăturii marxist-leniniste la condițiile țării noastre, capacitatea sa de a mobiliza imensa energie a oamenilor muncii și toate resursele materiale ale țării în opera de construcție socialistă.

Ca rezultat al aplicării consecvente a politicii de industrializare socialistă, au crescut în ritm susținut forțele de producție, economia națională s-a dezvoltat multilateral pe o linie mereu ascendentă. Dinamica venitului național pe locuitor—indicator sintetic al nivelului dezvoltării—reflectă remarcabile realizări (fig. 1 și 2).

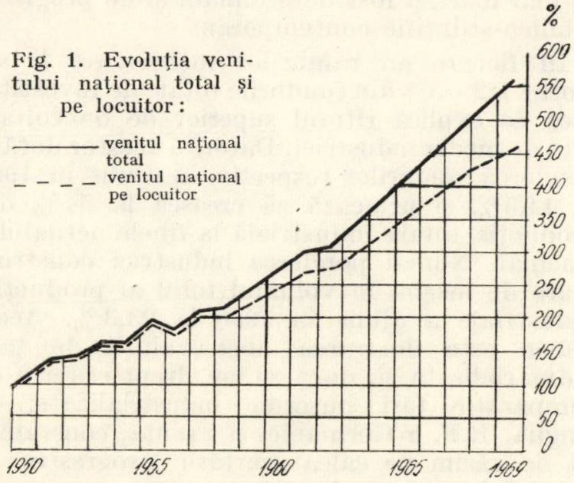


Fig. 1. Evoluția venitului național total și pe locuitor:

Conform concepției socialiste, între progresul general al unei țări și electrificare, respectiv dezvoltarea energeticii, există corelări perfect logice. Fără o creștere într-un ritm viu și anticipată a producerii de energie electrică (fig. 3) nu s-ar fi putut atinge ritmurile înalte ale dezvoltării generale.

Analiza multilaterală a dezvoltării României în anii puterii socialiste reliefează continuu rolul deosebit de important al energeticii. Dezvoltarea acestei ramuri, ca și cea a electrificării, se face planic, stabilindu-se în perspectivă realizarea obiectivelor, astfel încît baza energetică să preceadă necesitățile industriei și ale celorlalte categorii de consumatori. Planurile și programele întocmite sînt precizate treptat potrivit rezultatelor studiilor, dezvoltării economiei naționale, apariției diferiților mari consumatori industriali etc.

După Planul de electrificare a țării pentru perioada 1950—1960, s-au stabilit în 1960 prevederi de dezvoltare a energeticii în cadrul liniilor directoare ale programului de dezvoltare a economiei naționale în perspectivă (1960—1975), iar în 1965 s-au elaborat Directivele cu privire la valorificarea surselor energetice și electrificarea țării în perioada 1966—1975.

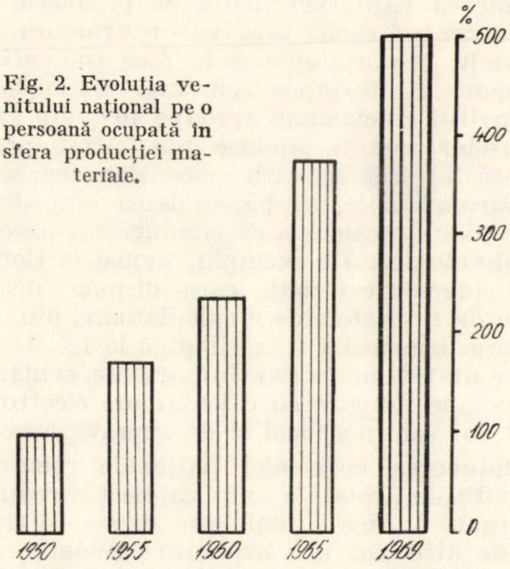


Fig. 2. Evoluția venitului național pe o persoană ocupată în sfera producției materiale.

Dezvoltarea economiei naționale a României în etapele precedente se caracterizează prin următoarele linii principale de evoluție: organizarea producției pe baze științifice, prin

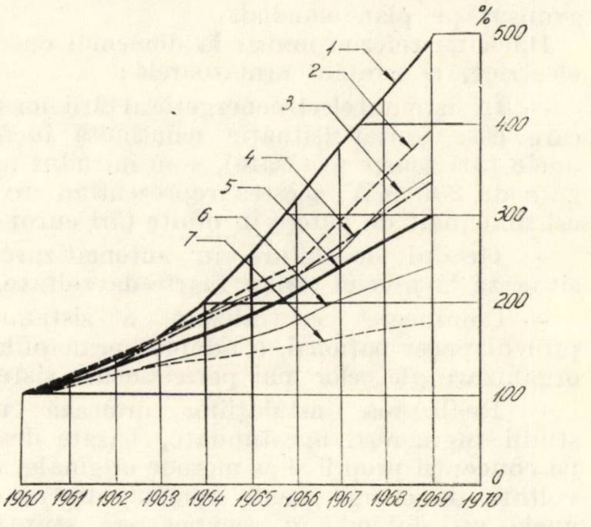


Fig. 3. Dinamica producției energiei electrice și a căldurii în comparație cu dinamica producției industriale în perioada 1960—1970:

1 — energia electrică și căldura; *2* — construcția de mașini și prelucrarea metalelor; *3* — materiale de construcții; *4* — grupa A; *5* — total industrie; *6* — grupa B; *7* — combustibilul.

integrarea în mod organic a științei în producție, mecanizarea complexă a proceselor de producție și generalizarea folosirii acționărilor electrice, conducerea automată a proceselor elementare cu tendința aplicării pe ansambluri mari a procedeelor cibernetice. Actualul plan cincinal va marca o evidentă creștere calitativă a activităților economice. O dată cu menținerea ritmurilor înalte de producție vor apărea transformări care vor restructura sortimentele produse spre a le face competitive în raport cu cerințele cele mai pretențioase. La sfîrșitul cincinalului aproape 40% din gama produselor vor fi produse noi. Acest proces necesită lărgirea aplicării metodelor cibernetice și informaționale, cu pătrunderea procedeelor electronice de calcul și de conducere a proceselor tehnologice. De exemplu, numai la Combinatul siderurgic Galați, care dispune actualmente de un sistem de 9 calculatoare, numărul acestora urmează a fi mărit pînă la 12. Alături de alte unități industriale importante, centralele electrice se dotează cu calculatoare electronice avînd rol informațional și de supraveghere.

Conducerea economiei naționale românești în condițiile arătate a avut ca efect o reducere însemnată a decalajului care exista în trecut față de alte țări mai evoluate economic, ceea ce îndreptățește efortul de a le ajunge din urmă și chiar de a le depăși. Astfel, prin realizarea în anul 1970 a unui consum specific de 1730 kWh pe locuitor, s-a redus la 8 ani decalajul față de media europeană a consumului specific, la 9 ani față de Franța și Belgia, la 7 ani față de Olanda, la 4 1/2 ani față de Italia etc.

Micșorarea decalajului, atît în energetică cît și în alte ramuri economice, este un proces continuu, întrucît fiecare investiție nouă se efectuează prin preluarea a tot ceea ce este mai avansat pe plan mondial.

Dacă ne referim numai la domeniul energiei electrice, constatăm următoarele :

— În sistemul electroenergetic al țării noastre, care este unitar (situație neîntîlnită încă în unele țări foarte avansate), s-au introdus agregate de 330 MW, acestea reprezentînd nivelul cel mai înalt de putere în multe țări europene.

— Gradul de dotare în automatizare se situează la nivelul țărilor foarte dezvoltate.

— Conducerea centralizată a sistemului, prin dispecer național, a adoptat principiile de organizare ale celor mai perfecționate sisteme.

— Realizarea instalațiilor urmează unor studii inginerești aprofundate, bazate deseori pe concepții proprii și pe metode originale, dezvoltate de energeticienii români, dintre care unele au dobîndit o recunoaștere științifică pe plan internațional, cum sînt, de exemplu : metodele de calcul al sistemelor energetice, metodele de calcul al siguranței în funcționare etc.

Privită în ansamblu, evoluția economiei socialiste românești prezintă următoarele caracteristici principale :

— creșterea ponderii industriei, iar în cadrul producției industriale creșterea cu precădere a industriei prelucrătoare ;

— creșterea, în cadrul producției industriei prelucrătoare, îndeosebi a ponderii industriei constructoare de mașini, cu o accentuare a industriilor : electronică, electrotehnică, optică, mecanică fină și mașini-unelte ;

— creșterea ponderii producției materiilor prime sintetice și scăderea ponderii materiilor prime extrase din sol și subsol sau obținute în agricultură.

Ca urmare, ramurile industriale hotărîtoare au devenit industria constructoare de mașini— corelată cu o industrie metalurgică corespunzătoare ca volum și varietate a produselor — și industria chimică, a căror dezvoltare este condiționată de existența unei puternice baze energetice. Dezvoltarea în ritm rapid a acestor ramuri, impusă de necesități din ce în ce mai mari, a fost determinată și de progresul tehnico-științific contemporan.

În fiecare an ramurilor menționate li s-a alocat 1/2—3/4 din fondurile totale de investiții, ceea ce explică ritmul superior de dezvoltare față de media industriei. Datorită acestor dotări, ponderea ramurilor respective a ajuns în 1968 la 44,5% și urmează să crească la 54% din producția totală industrială la finele actualului cincinal. Numai ponderea industriei constructoare de mașini în volumul total al producției industriale a ajuns în 1968 la 23,3%. Acest indice este ilustrarea unei evoluții de țară industrializată și, dacă se iau drept criteriu de comparație țări puternic industrializate, ca Anglia, R.F. a Germaniei și Franța, constatăm că ne găsim pe calea scurtării progresive a decalajului ce ne desparte.

Dezvoltarea economiei naționale în condițiile menționate are ca efect o creștere continuă a venitului național total și a venitului național pe locuitor, creștere determinată îndeosebi de ridicarea nivelului productivității muncii. Se știe că productivitatea muncii este funcție nu numai de mărimea fondurilor fixe de care dispun lucrătorii, ci și de gradul de tehnicitate al acestor fonduri, că valorile produse în unitatea de timp sînt cu atît mai mari cu cît munca este mai bine înzestrată din punct de vedere tehnic. Dinamica fondurilor fixe productive specifice medii prezintă în industrie un ritm continuu ascendent (fig. 4 și 5) ; mai este de menționat faptul că ponderea fondurilor fixe productive față de fondurile fixe totale a crescut de la an la an.

Procesul de producție dispune nu numai de fonduri fixe din ce în ce mai mari și de tehnicitate tot mai ridicată, ci și de cantități de energie electrică din ce în ce mai importante (fig 6.)

Diferitele ramuri productive cer fonduri fixe specifice (pe lucrător) de mărimi variate ; de exemplu, în industria confecţiilor sînt suficiente fonduri fixe de cîteva mii de lei/lucrător, în timp ce în metalurgie sînt mult mai mari, apropiindu-se de 1 milion lei/lucrător.

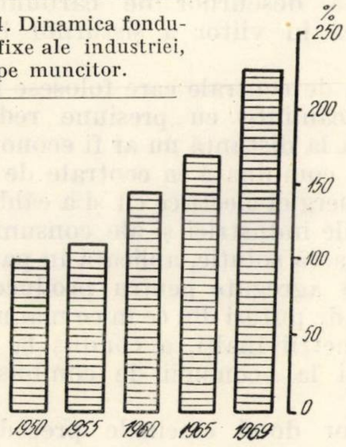


Fig. 4. Dinamica fondurilor fixe ale industriei, pe muncitor.

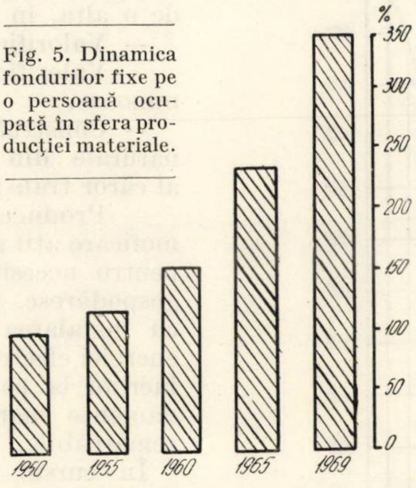


Fig. 5. Dinamica fondurilor fixe pe o persoană ocupată în sfera producţiei materiale.

Industria energetică, îndeosebi sectorul de producere, transport şi distribuţie a energiei electrice, se situează printre ramurile producătoare cu nivel înalt de dotare cu fonduri fixe de mare tehnicitate, corespunzîndu-i o productivitate ridicată (fig. 7).

Conducerea planificată a economiei naţionale repartizează spre investiţii fondurile realizate prin acumulări, astfel încît să se realizeze un optim economic.

Legătura directă dintre valoarea producţiei şi dotarea cu mijloace fixe este ilustrată de următoarele exemple : luînd ca unitate produsul mediu creat în industrie în 1968, produsul pe salariat a fost de 2 ori mai mare în metalurgie şi de 1,53 ori mai mare în chimie, pe cînd în industria confecţiilor creşterea a fost de 0,75 ori, iar în cea textilă de numai 0,66 ori.

Aceşti indici evidenţiază fundamentarea ştiinţifică a politicii noastre de industrializare, dezvoltarea cu prioritate a industriei mijloacelor de producţie asigurînd creşterea tot mai rapidă a venitului naţional şi, ca urmare, o creştere mai rapidă a acumulărilor care fac posibile noile investiţii, crearea de noi capacităţi de producţie (fig. 8).

Valorificarea superioară a materiilor prime şi a combustibililor

În dezvoltarea economiei naţionale s-a urmărit şi se urmăreşte în permanenţă valorificarea cu avantaje economice cît mai mari a materiilor prime, principalele căi de realizare a acestui important obiectiv fiind :

— adoptarea de procese tehnologice avansate ;

— tratarea complexă a materiei prime, astfel încît produsele obţinute să încorporeze o valoare cît mai mare.

Aceste două căi au fost folosite în general în industrie şi în special în ramurile construcţiei de maşini şi chimiei, în care munca vie se cheltuieşte cu eficienţă mare.

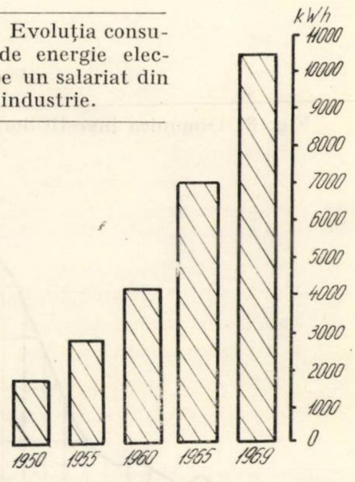


Fig. 6. Evoluţia consumului de energie electrică pe un salariat din industrie.

În energetică, valorificarea superioară a diferitelor surse de energie primară a luat forme multiple datorită faptului că România dispune de rezerve de energie primară variate, dar limitate cantitativ : cărbuni, lignit, ţiţei, gaze naturale, energie hidraulică. Din această cauză optimizarea balanţei de energie primară, în ritmul rapid de dezvoltare a economiei naţionale, capătă o importanţă majoră.

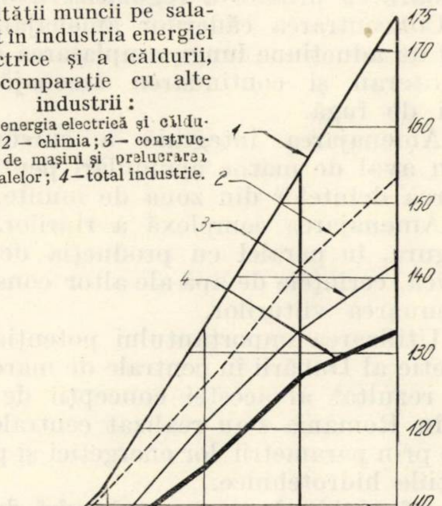


Fig. 7. Evoluţia productivităţii muncii pe salariat în industria energiei electrice şi a căldurii, în comparaţie cu alte industrii :

1 — energia electrică şi căldura ; *2* — chimia ; *3* — construcţia de maşini şi prelucrarea metalelor ; *4* — total industrie.

Concepţia de amenajare a potenţialului hidroenergetic prezintă următoarele caracteristici :

— Construirea, în regiunile de munte, a unor centrale cu mari lacuri de acumulare pentru regularizarea debitelor, dimensionate ca centrale de vîrf.

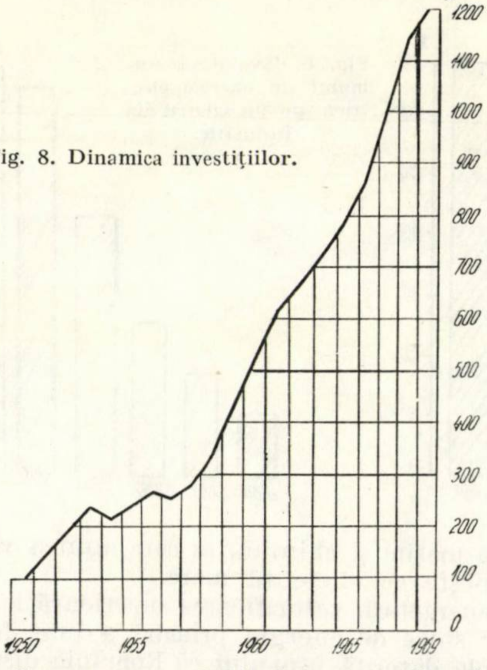


Fig. 8. Dinamica investiţiilor.

— Concentrarea debitelor cursurilor de apă învecinate în marile lacuri de acumulare create, ceea ce permite valorificarea unui potenţial a cărui amenajare independentă nu ar fi fost economică şi obţinerea unei energii calitativ superioare ca urmare a regularizării debitelor.

— Concentrarea căderilor amenajabile prin galerii de aducţiune lungi, amplasarea centralei în subteran şi continuarea amenajării prin galerii de fugă.

— Amenajarea integrală a cursurilor de apă în aval de marile acumulări pentru regularizarea debitelor din zona de munte.

— Amenajarea complexă a rîurilor, pentru a asigura, în paralel cu producţia de energie electrică, cerinţele de apă ale altor consumatori şi atenuarea viiturilor.

— Utilizarea importantului potenţial hidroenergetic al Dunării în centrale de mare putere.

Ca rezultat al acestei concepţii de amenajare, în România s-au realizat centrale remarcabile prin parametrii lor energetici şi prin construcţiile hidrotehnice.

Prin funcţiile de centrale de vîrf date amenajărilor hidroelectrice, care din punct de vedere tehnic şi economic sînt cele mai apte pentru a prelua variaţiile de sarcină, se asigură centralelor termoelectrice funcţionarea în regim de bază, cu consum specific optim de combustibil.

La centralele termoelectrice s-a urmărit o cît mai bună utilizare a combustibililor prin :

— Valorificarea maximă a lignitului din bazinul Olteniei, în acest scop construindu-se Centrala Rovinari, cu un consum de circa 15 milioane t/an la profilul final de peste 1720 MW ; folosindu-se cărbunii chiar la gura minelor, reducîndu-se la maximum transportul, manipulările şi stocările, constituindu-se astfel un adevărat complex energetic. Actuala centrală va fi urmată de o alta, în aceeaşi zonă, de putere similară.

— Valorificarea deşeurilor de cărbuni.

— Valorificarea în viitor a şisturilor bituminoase.

— Construirea de centrale care folosesc gaze naturale din zăcăminte cu presiune redusă, al căror transport la distanţă nu ar fi economic.

— Producerea combinată în centrale de termoficare atît a energiei electrice cît şi a căldurii, pentru necesităţile industriei şi ale consumului gospodăresc. Această soluţie, aplicată în paralel cu instalarea de agregate pentru producerea, energiei electrice de puteri din ce în ce mai mari, lucrînd la parametrii înalţi, a condus la randamente mari şi la economii de combustibil remarcabile.

În cursul celor două cincinale precedente consumul de combustibil necesar pentru producerea unui kWh în centrale termoelectrice a scăzut, în medie pe ţară, faţă de 1961, după cum urmează :

1961 = 1

1962 = 0,998
1963 = 0,935
1964 = 0,899
1965 = 0,840

1966 = 0,783
1967 = 0,750
1968 = 0,752
1969 = 0,726

Dezvoltarea economică în cursul actualului cincinal, 1971—1975, va fi caracterizată în special prin progrese calitative, printr-o valorificare superioară a resurselor materiale şi a capacităţii tehnice a forţei de muncă, aceasta fiind o preocupare majoră în toate ramurile productive. În energetică, prin studii ştiinţifice moderne, se va urmări în special realizarea unui înalt grad de siguranţă în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor.

O preocupare majoră a tuturor ramurilor economice va fi şi aceea de a produce mărfurile în condiţii cît mai economice. Printre mijloacele folosite în acest scop se numără şi concentrarea producţiei ramurilor înrudite pe aceeaşi platformă industrială, ceea ce permite şi centralizarea producerii energiei electrice şi a căldurii. Ilustrativ în acest sens este faptul că platformele industriale de la Craiova, Borzeşti, Galaţi, Piteşti ş.a. au devenit totodată importante surse de energie.

Progresul energeticii în corelare cu cel al industriei

Dezvoltarea industriei a permis asimilarea fabricării în ţară a unei game largi de echipamente şi materiale energetice cu care vor putea fi satisfăcute aproape toate necesităţile. Construirea turbinelor hidroelectrice de circa 178 MW pentru Centrala Porţile de Fier, a cazanelor de abur de înaltă presiune şi temperatură de 1000 t/h și a turboagregatelor de 330 MW constituie cîteva exemple semnificative în privința nivelului și a posibilităților industriei noastre de a contribui la dezvoltarea energeticii în măsură din ce în ce mai mare cu mijloace proprii.

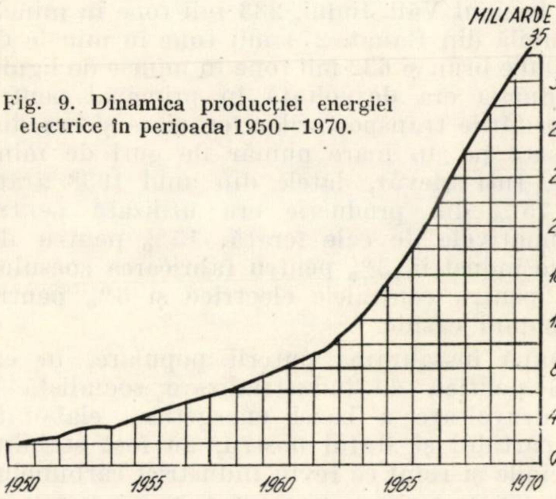


Fig. 9. Dinamica producției energiei electrice în perioada 1950—1970.

În condițiile arătate, dotarea economiei naționale cu surse de producere a energiei electrice și a căldurii (prin termoficare) a urmat o evoluție rapidă căreia i-a corespuns o producție în ritm accentuat ascendent (tabelul 1 și diagrama din figura 9).

În decurs de 20 de ani puterea instalată s-a mărit de circa 10 ori, iar producția de circa 16 ori, dovedind astfel gradul înalt de utilizare a instalațiilor. În medie generală, puterea instalată a crescut cu circa 350 MW/an, iar producția cu circa 15% anual (căreia îi corespunde o perioadă de dublare de circa 5 ani), ritmuri care nu se întîlnesc nici chiar în țări cu economie foarte dezvoltată.

Tabelul 1

Dinamica puterii instalate în centrale electrice în cursul perioadei 1950—1970, MW

	Anul				
	1950	1955	1960	1965	1970
Centrale termoelectrice:	680	1120	1569	2797	6146
— CTE	392	679	827	1333	3522
— CET	127	145	399	1145	2227
— CDE	151	286	333	309	279
— CTG	10	10	10	10	118
Centrale hidroelectrice	60	100	210	461	1200
Putere instalată totală	740	1220	1779	3258	7346

Contribuția energeticii la creșterea nivelului de trai al populației

Condițiile în care evoluează economia națională, arătate în linii generale, duc la o dezvoltare multilaterală permanent ascendentă în toate domeniile de activitate: industrie, agricultură, sănătate, învățămînt, cultură și artă.

În domeniul producției materiale rezultatele sînt concretizate de evoluția cîtorva indici, care, raportați la cei ai anului 1950 (=1), în 1969 prezintă următoarele valori: produsul social a crescut de 5,82 ori, venitul național de 5,61 ori, producția globală industrială de 10 ori, volumul investițiilor de 12 ori. Aceste salturi, produse în condițiile unei creșteri a populației de 1,227 ori, arată că metodele și mijloacele de conducere a economiei naționale au avut o deosebită eficacitate.

Procesele adînci produse au avut o mare influență asupra condițiilor de muncă și de trai ale populației. Dintre fenomenele principale privind populația trebuie să notăm:

— deplasarea spre industrie a unei însemnate părți a populației din sectorul agricol;

— deplasarea unei părți a populației în zonele activității nemateriale, însă cu efecte pozitive asupra producției materiale, deoarece salariații din această sferă (învățămînt, asistență medicală, cultură, diferite servicii) contribuie la creșterea eficienței muncii umane.

Prin aceste deplasări de populație și prin creșterea generală a productivității muncii, veniturile pe salariat au crescut, ducînd la o îmbunătățire substanțială a condițiilor de trai, la care energetica are o participare deosebită, după cum arată și cifrele de consum specific al energiei electrice prezentate în tabelul 2.

Tabelul 2

	1950	1955	1960	1965	1970
Consum pe locuitor, kWh/ loc. și an	128	249	414	887	1615
Ritm mediu anual de creștere, %		15,8	12,8	16,7	16,8

În această evoluție consumul de energie electrică se apropie continuu de consumul specific mediu al Europei.

Dezvoltarea electrificării a cuprins nu numai industria și orașele, ci și agricultura și satele. Astfel, la finele anului 1970 peste 80% din totalul satelor țării erau alimentate cu energie electrică, ceea ce, față de condițiile moștenite de la economia perioadei antebelice, reprezintă un important pas înainte.

Realizarea importantelor sarcini care au stat în fața Ministerului Energiei Electrice pentru electrificarea țării au impus organizarea corespunzătoare în domeniul concepției, execuției și exploatării obiectivelor energetice. În acest scop au fost create institute de cercetare și proiectare, dotate cu mijloace moderne de calcul, puternice organizații specializate în execuția obiectivelor energetice, precum și întreprinderi pentru exploatarea instalațiilor de producere, transport și distribuție a energiei electrice și a căldurii. În cadrul acestor organizații se dezvoltă continuu metodele științifice de tratare a problemelor, utilizînd la maximum atît experiența și posibilitățile proprii, cît și o largă documentare asupra realizărilor la nivel mondial.

* * *

PRODUCȚIA ȘI UTILIZAREA CĂRBUNELUI ÎN ROMÂNIA

Prof dr. ing. Bujor Almășan,
ministrul minelor, petrolului și geologiei

În decursul diferitelor perioade ale evoluției geologice, pe teritoriul României au existat condiții favorabile pentru formarea tuturor tipurilor de cărbuni : antracit, huilă și cărbune brun în formațiunile vechi — paleozoic superior (carbonifer superior — permianul inferior), mezozoic inferior (liasic) — precum și în formațiunile mai noi — mezozoic superior și oligocen-acvitanian — lignit și turbă în formațiuni neozoice.

Ca răspîndire geografică, zăcămintele de cărbuni superiori sînt prezente în Carpații Meridionali, astfel : huile ce aparțin carboniferului (la Secul, Baia Nouă), antracit de vîrstă liasică (la Schela-Vizuroiu) și huile de clasele V C, VIA, VI B și VII, după clasificarea CEE, de vîrstă oligocen-acvitaniană (în Bazinul Petroșani).

În Depresiunea Precarpatică au o răspîndire mai mare zăcămintele de cărbuni inferiori, de vîrstă dacian-levantină (în zonele Dunăre-Jiu-Olt-Olteț), de vîrstă ponțiană (în zona Cîmpulung-Argeș), și de vîrstă daciană (în zonele Șotînga și Filipești-Ceptura) ; în Carpații Orientali apare lignitul de vîrstă panoniană (la Baraolt-Căpeni-Vîrghiș) și cărbunele brun de vîrstă sarmațiană (la Comănești) ; în Depresiunea Panonică se găsesc zăcăminte de lignit de vîrstă panoniană (în bazinele Sălajului și Voivozilor) ; în Munții Apuseni se găsește cărbune brun de vîrstă sarmațiană (la Țebea-Brad) și lignit de vîrstă panoniană (la Hălmagiu-Brad) ; în Depresiunea Transilvaniei se găsește cărbune brun de vîrstă oligocenă (în bazinul Valea Almașului).

Mențiunile cu privire la perioadele geologice de formare au fost făcute întrucît calitatea cărbunilor și gradul de incarbonizare sînt determinate de vechimea lor, ca și de gradul de tectonizare la care au fost supuși.

Extracția cărbunelui, la scară industrială, a început în ultimul deceniu al secolului al XVIII-lea în Banat, în jurul anului 1840 în bazinele Valea Jiului și Codlea și în ultimele decenii ale secolului trecut sau primele decenii ale acestui secol în restul bazinelor carbonifere ; totuși, pînă la sfîrșitul celui de-al doilea război mondial cunoașterea zăcămintelor și dezvoltarea capacităților de producție au avut un nivel scăzut.

Această situație a fost determinată de dezvoltarea insuficientă a industriei naționale, ca și de existența în țară a altor surse de combustibili (petrol, gaze), a căror valorificare necesita investiții mai mici și oferea beneficii mai ridicate.

În anul 1948, producția brută de cărbune a întregii țări era de 2946 mii tone, din care 1813 mii tone se extrăgeau în minele de huilă din bazinul Văii Jiului, 233 mii tone în minele de huilă din Banat, 274 mii tone în minele de cărbune brun și 632 mii tone în minele de lignit. Producția era dezvoltată în principal pentru necesitățile transporturilor feroviare și era dispersată pe un mare număr de guri de mină (77). Într-adevăr, datele din anul 1938 arată că 75% din producție era utilizată pentru locomotivele de cale ferată, 15% pentru diverse industrii, 3% pentru fabricarea cocsului, 4% pentru centralele electrice și 3% pentru consumul casnic.

După instaurarea puterii populare, în cadrul politicii de industrializare socialistă și de dezvoltare a bazei energetice, elaborată de partidul și statul nostru, au fost stabilite sarcinile și rolul ce revin industriei cărbunelui.

Pornind de la principiul industrializării în măsură cît mai mare, pe baza valorificării cu precădere a resurselor de materii prime interne și a valorificării raționale a resurselor de petrol și gaze în industria chimică, a fost stabilită necesitatea dezvoltării la maximum a producției de cărbune, a punerii în valoare a resurselor mari de cărbune de care dispune țara noastră.

Cum aceste rezerve erau insuficient cunoscute pentru a se trece la valorificarea lor industrială, prin alocarea unor fonduri de circa 1,8 miliarde lei și efectuarea unui important volum de lucrări geologice s-a ajuns la o creștere substanțială a rezervelor de cărbuni, prezentată în tabelul 1 (în mil. tone).

Tabelul 1

	1.I.1951	1.I.1971	din care	
			huilă	lignit
Rezerve de bilanț	221	4570	952	3546

Aceste volume de rezerve au permis fundamentarea unei dezvoltări însemnate a producției de cărbune în perioada 1951—1970 și constituie baza unor noi creșteri de producție în perspectivă.

La fundamentarea planurilor de dezvoltare a producției de cărbune s-a avut în vedere :

— ponderea ridicată a rezervelor de cărbune în totalul resurselor de combustibili minerali ;

— structura favorabilă a balanței producției de energie primară, în care cărbunele participa în anul 1950 într-o proporție de 14,9%-

față de 58,1% pe plan mondial, 88,5% în Europa, 79,4% în U.R.S.S. etc.;

— posibilitatea de a obține un preț de cost tot mai scăzut pe tona de cărbune, prin concentrarea producției în bazinele cu un potențial mare de rezerve și cu condiții mai favorabile de exploatare, în care se pot deschide mine de capacități mari și sînt condiții pentru extinderea extracției prin exploatări la zi, prin mecanizarea operațiilor grele și cu volum mare de muncă, prin aplicarea de tehnologii noi de extracție și preparare, precum și printr-o organizare superioară a producției și a muncii;

— posibilitățile largi deschise de revoluția tehnico-științifică contemporană în domeniul valorificării cărbunilor în ramura producătoare de energie electrică, prin construirea de centrale termoelectrice de mare capacitate, dotate cu agregate cu performanțe ridicate;

— amplasarea termocentralelor electrice și a altor mari consumatori în vecinătatea bazinelor carbonifere, astfel încît să se evite transporturile de cărbune la distanțe mari;

— reducerile posibile de obținut la consumurile specifice de cărbune la centralele termoelectrice, la fabricile de cocs și la alți consumatori, astfel încît valoarea cărbunelui, inclusă în prețul de cost al produselor, să scadă continuu și pe această cale.

În aceste condiții s-a considerat posibilă și rațională o schimbare în structura balanței de energie primară, fără o scumpire sensibilă a prețului de cost mediu pe tona de combustibil convențional din balanța purtătorilor de energie primară.

În afară de aceasta, la fundamentarea planurilor de creștere a producției de cărbune au fost luate în considerare și avantajele deosebite ce rezultă în industria chimică prin prelucrarea petrolului și gazelor devenite disponibile în urma înlocuirii lor cu cărbune în consumul energetic. Este de menționat și faptul că o cotă însemnată din produsele chimice obținute din petrolul și gazul metan eliberat de consumatorii energetici prin folosirea cărbunelui este destinată exportului. În aceste condiții, deși pe plan mondial au existat oscilații în legătură cu creșterea ponderii cărbunelui în balanța purtătorilor de energie primară — iar temporar, în funcție de unii factori conjuncturali, chiar tendințe de scădere a acestei ponderi — în România s-a mers cu fermitate pe creșterea aportului cărbunelui în balanță și, implicit, pe creșterea accentuată a producției de cărbune.

Ca urmare, pentru a se face față noilor sarcini, industriei cărbunelui i-au fost repartizate importante fonduri de investiții (15,3 miliarde lei în perioada 1951—1970), care au fost orientate cu precădere spre bazinele cu rezerve mari, în primul rînd bazinele din Oltenia și cel al Petroșanilor, primul deținînd 90% din rezervele de lignit ale țării, iar cel de-al doilea 98% din rezervele de huilă.

Realizînd aceste investiții și folosind tot mai eficient capacitățile create, s-a obținut o creștere continuă și în ritmuri accentuate a extracției brute de cărbune, după cum rezultă din tabelul 2 (în mii tone).

Tabelul 2

	1950	1970	$\frac{1970}{1950}\%$	Ritm mediu anual de creștere
Total cărbune	3 893	22 835	586	9,2
din care :				
a) huilă și antracit,	2 733	8 088	296	5,6
din care :				
— Valea Jiului	2 497	7 816	313	5,9
b) cărbune brun	349	704	201	3,7
c) lignit	811	14 043	1 731	15,3
din care :				
— bazinele din Oltenia	—	7 788	—	—
— extras prin exploatare la zi	—	5 130	—	—

De remarcat că, în aceeași perioadă, producția de cărbune pe plan mondial a crescut într-un ritm mediu anual de 2,3%, iar în țările socialiste europene într-un ritm mediu anual de 4,8%.

Nivelurile noi de producție au fost realizate prin amplificarea capacităților la aproape toate minele și uzinele de preparare existente, precum și prin construcția de unități noi. Au fost redeschise minele Vulcan, Lonea II și IV, Dîlja și au fost deschise mine noi la Uricani, Paroșeni, Bărbăteni, toate în Valea Jiului. De asemenea, au fost dechise mine noi și alte bazine miniere la Horăști, Leurda, Ploștina, Lupoaia, Roșiuța (Motru), Șotînga, Ceptura, Voivozi-Cuzap ș.a., precum și carierele Cicani, Gîrla, Beterega, Tismana (Rovinari) și Baraolt — Căpeni.

Pentru îmbunătățirea calității cărbunelui extras au fost construite, la toate minele de lignit și de cărbune brun, instalații de sortare și însilozare, iar pentru huilă au fost modernizate și recondiționate fluxurile tehnologice la preparațiile de la Lupeni și Anina și a fost construită uzina nouă de preparare de la Coroești, cu o capacitate de 3,1 mil.t/an. Totodată, în vederea livrării de produse de calitate superioară pentru consumul casnic, au fost construite două fabrici de brichete, una la Căpeni pentru brichetarea lignitului şi alta la Coroeşti pentru brichete de huilă.

Minele din Valea Jiului au, în general, capacităţi unitare de producţie de 1,0–1,8 mil.t/an.

Minele noi de lignit din bazinul Motru au capacităţi de 0,7–1,3 mil. t/an, sînt deschise după scheme simple prin galerii de coastă şi plane înclinate, aplică în proporţie de peste 90% metoda de exploatare cu abataje cu front lung şi sînt dotate cu combine sau cu complexe mecanizate. În anul 1970 la aceste mine s-au realizat indicatorii prezentaţi în tabelul 3.

Tabelul 3

	Total producţie anuală, mii t	Producţie medie zilnică, t/abataj	Avansare medie lunară, m	Productivitate în abataj t/muncitor şi schimb
Total producţie	3 258	335	—	9,2
Producţia din abataje cu front lung,	3 016	455	40,0	9,7
din care :				
— cu tăiere cu combine şi susţinere nemecanizată	679	315	38,3	6,5
— cu tăiere şi susţinere mecanizată	2 205	585	66,3	15,5

Caracteristicile carierelor deschise în bazinul Rovinari sînt redate în tabelul 4.

Tabelul 4

Cariere	Rezerve, mil.t	Raport de descopertare, m^3 steril/tone de cărbune	Capacitatea de producţie, mil.t/an	Anul atingerii capacităţii proiectate
Cicani	11,1	2,2	1,35	1967
Beterega	14,2	2,89	1,35	1973
Gîrla	31,4	3,07	2,20	1973
Tismana	110,0	2,42	3,40	1973

Noua carieră din perimetrul Roşia de Jiu va avea o capacitate de 8 mil.t/an.

Tehnologia de exploatare este cu flux continuu de excavare, transport şi haldare, prin folosirea de utilaje cu mare capacitate şi un grad înalt de mecanizare şi automatizare. Excavatoarele utilizate au capacităţi de 600–800 t/h la cărbune şi 800–1800 m^3/h la steril; utilajele de haldare au capacităţi între 2 200 şi 4 400 m^3/h, iar transportoarele cu bandă au lăţimea între 1,2 şi 1,6 m şi lungimea între 1,8 şi 6,9 km.

Producţia de lignit din bazinele Olteniei este destinată aproape în întregime alimentării cu combustibil a termocentralelor de la Işalniţa şi Rogojelu.

În bazinul de huilă al Petroşanilor, extracţia brută din anul 1970 a depăşit 7,8 mil. tone, din care circa 2,5 mil. tone (minele Lupeni, Uricani şi Bărbăteni) au fost destinate spălării pentru cocs, iar restul, cu excepţia unor cantităţi relativ reduse care se spală pentru semicocs, a fost destinat scopurilor energetice.

În funcţie de necesităţi şi pentru a evita transporturile la distanţe mari, precum şi pentru a sprijini dezvoltarea economică a altor judeţe, producţia s-a dezvoltat şi în alte bazine. Producţia de cărbune din anul 1970, comparativ cu anul 1950, este redată în tabelul 5 (în mii tone).

Tabelul 5

	1950	1970	$\frac{1970}{1950}\%$
Total cărbune brut,	3 893	22 835	586
din care :			
a) huilă şi antracit	2 733	8 088	296
b) cărbune brun	349	704	201
c) lignit,	811	14 043	17,3 ori
din care :			
— minele şi carierele din Oltenia	—	7 788	—
— minele Voivozi-Sălaj	240	2 393	circa 10 ori
— minele Filipeşti, Şotînga, Ceptura	224	1 646	735
— minele şi carierele Baraolt-Căpeni	89	1 149	circa 13 ori
— minele Cîmpulung-Argeş	222	977	440
— alte mine	36	90	250

Foarte importante sînt schimbările intervenite în consumul cărbunelui. Destinaţia producţiei nete de cărbune din anul 1970 este înfăţişată în tabelul 6 (în mii tone).

Tabelul 6

Destinaţia	Huilă	Lignit şi cărbune brun	Total	%
Cocs şi semicocs	1 301	—	1 301	6,4
Termocentrale electrice	2 562	11 025	13 587	66,6
Alte industrii	1 188	705	1 893	9,3
Transporturi	994	674	1 668	8,1
Consum casnic, inclusiv brichete	347	1 611	1 958	9,6

Calculată în t c.c., structura consumului de cărbune, comparativ cu anul 1938, a suferit modificări esenţiale (tabelul 7).

Tabelul 7

	1938	1970
Total cărbune, din care :	100	100
— pentru cocs şi semicocs	3	14,5
— pentru termocentrale electrice	4	56,2
— pentru alte industrii	15	11,2
— pentru transporturi	75	11,0
— pentru consum casnic	3	9,1

Cărbunii superiori — huila de Anina şi cea a minelor din versantul vestic al Văii Jiului — sînt utilizaţi pentru cocserii în cantitate de 1 301 mii tone, faţă de numai 65 000 în anul 1950, reducîndu-se substanţial ponderea huilelor de Valea Jiului utilizate în locomotivele de cale ferată.

Este de remarcat, de asemenea, creşterea tot mai accentuată a cărbunelui în consumul casnic. Cea mai importantă schimbare în structura consumului de cărbune priveşte, însă, utilizarea acestuia în proporţie de 56,2% în termocentralele electrice, care, prin folosirea turbinelor cu abur de mari capacităţi şi prin producţia combinată de energie electrică şi termică, asigură cea mai eficientă valorificare a cărbunilor cu putere calorică scăzută.

Cu toată creşterea în ritmuri medii anuale de 9,2% a producţiei de cărbune, datorită dinamicii mai accentuate a extracţiei de gaz metan, ponderea cărbunilor în balanţa de energie primară prezintă o dinamică relativ lentă, de la 14,9% în 1950 la 18,7% în 1970. În schimb, aportul cărbunelui în structura producţiei de energie termică şi electrică creşte ceva mai accentuat, ajungînd în anul 1970 la circa 29%, faţă de 16,5% în anul 1950.

Necesităţile crescînde ale economiei naţionale, atît pentru sectorul energetic, cît şi pentru fabricarea cocsului, precum şi existenţa unui volum însemnat de rezerve de cărbune, au condus la previziuni pentru dezvoltarea accentuată pe mai departe a producţiei de cărbune. Astfel, planul cincinal 1971—1975 prevede o extracţie brută de cărbune pentru anul 1975 de 37,4 mil. tone (cu 64,3% mai mare decît în anul 1970), iar pentru anul 1980 se prevede ca extracţia de cărbune să fie de peste 50 mil. tone. Studiile în curs de elaborare, privind perioada de după 1980, vor arăta, după toate probabilităţile, posibilităţi de dezvoltare în continuare a producţiei de cărbune.

◆

PRODUCȚIA ȘI UTILIZAREA ȚIȚEIULUI ȘI A GAZELOR NATURALE ÎN ROMÂNIA

Gheorghe Pacoste,
adjunct al ministrului minelor, petrolului și geologiei

Dintre cele mai importante resurse naturale ale României, o pondere mare o au țițeiul și gazele naturale.

Existența țițeiului pe teritoriul țării noastre este cunoscută din secolul al XV-lea. Înregistrarea producției a început însă în anul 1857, cînd s-a pus în funcțiune prima instalație de distilare a țițeiului, lîngă Ploiești, la Rîfov, construită de Th. Mehedințeanu, pentru obținerea petrolului lampant necesar iluminatului public din București, primul oraș din lume în care a fost folosit petrolul lampant în acest scop.

Datorită cererilor în continuă creștere, ca urmare a dezvoltării construcției motoarelor cu ardere internă, precum și prețului de cost redus, producția de țiței a crescut de la 257 t în 1857 la 1 188 în 1860, 11 649 în 1870, 53 500 în 1890 și 247 487 în 1900. După anul 1900 producția crește în continuare prin desoperirea de noi zăcăminte în județele Prahova și Dîmbovița (Bucșani, Aricești, Boldești, Moreni etc.), atingînd în 1912 1 870 545 t, apoi scade la mai puțin de jumătate în timpul primului război mondial, ca după aceea să crească continuu pînă în 1936, cînd s-a înregistrat cea mai mare producție de țiței din țara noastră înainte de cel de-al doilea război mondial : 8 703 497 t.

Această creștere a producției de țiței a fost posibilă datorită evoluției săpării sondelor, care, de la simple gropi săpate manual, au devenit puțuri adînci de mii de metri, ca urmare a introducerii forajului mecanic percutant cu cablu (anul 1883), a celui percutant hidraulic (1896) și apoi a celui hidraulic rotativ (1912). De asemenea, extracția țițeiului, de la folosirea de căldări sau hîrdaie pentru aducerea țițeiului la suprafață, a evoluat la erupția liberă, apoi la cea artificială și la pompajul canadian.

Ca urmare a extinderii forajului mecanic percutant hidraulic și, în special, rotativ hidraulic, numărul de metri forați ajunge în 1919 la 10 046, în 1920 la 17 200, iar în 1934 atinge 376 900 m — cel mai mare metraj din acea perioadă. Zăcămintele descoperite atunci, fiind primele, au fost foarte productive, iar exploatarea prin erupții libere, deși nerațională, întrucît recuperarea finală a țițeiului din zăcămînt era redusă, a permis obținerea de producții mari cu investiții foarte mici.

În ceea ce privește producția de gaz metan, aceasta a crescut continuu, ajungînd în 1938 la 311 milioane m³.

Este de menționat că România a fost una dintre primele țări din Europa care au utilizat gazul metan ca materie primă în industria chimică, și anume la fabricarea negrului de fum — la Copșa Mică în 1932, a amoniacului — la Tîrnăveni în 1938 și a formaldehidei — la Copșa Mică în 1940.

După cel de-al doilea război mondial, în urma distrugerilor provocate de bombardamentele aeriene, care au dus la diminuarea importantă a capacităților de prelucrare și depozitare, precum și ca urmare a forajului insuficient, mai ales a celui de cercetare geologică, producția de țiței a scăzut la 3 525 000 t în 1944 și 3 838 850 t în 1947.

Prin naționalizarea principalelor mijloace de producție, în anul 1948, industria de petrol și gaze a fost reorganizată și încadrată în economia planificată, ceea ce a permis aplicarea unei exploatări raționale, precum și alocarea unor fonduri importante pentru creșterea ei.

În programul de reconstruire și dezvoltare economică a României, țițeiul și gazele au constituit nu numai baza de combustibili, carburanți și lubrifianți, ci și baza de materie primă pentru obținerea de produse cerute la export.

După naționalizare, industriei de petrol și gaze i s-a acordat o atenție deosebită prin alocarea unor importante fonduri de investiții. Astfel, în perioada 1950—1970 totalul fondurilor alocate industriei petrolului și gazului metan a fost de 64 miliarde lei, reprezentînd circa 19% din totalul investițiilor industriale.

Dinamica acestor investiții, în raport cu totalul investițiilor industriale și ale ramurii industriei combustibilului, reiese din tabelul 1.

Tabelul 1

Anul	Investiții industriale, mil. lei	Din care : pentru ramura combustibilului, mil. lei	Din care : pentru industria petrolieră și a gazelor, mil. lei	%	
				Investiții în ramura combustibilului din total	Investiții în industria petrolului și a gazelor din total
1950	2 751	1 342	1 114	48,8	40,5
1955	7 685	2 731	1 987	35,5	25,9
1960	11 771	3 239	2 640	27,5	22,4
1965	22 222	4 195	3 271	18,9	14,7
1969	35 938	5 343	4 041	14,9	11,2

(Anuarul statistic al R.S.R. pe anul 1970, p. 402—403)

Investițiile alocate industriei petrolului și a gazelor au avut drept scop creșterea rezervelor industriale de țiței și gaze naturale, creșterea producției și valorificarea superioară a acestor materii prime. Acestea reprezintă de fapt cele trei direcții importante în care se repartizează fondurile de investiții în această ramură. Datorită scăderii debitului de țiței și gaze pe sondă, ca urmare a declinului natural, cea mai mare parte a investițiilor se consumă cu lucrările de descoperire de noi zăcăminte și exploatarea acestora, pentru a se asigura creșterea continuă a producției. Astfel, în perioada 1951–1970 ponderea investițiilor pe tona de țiței în cele trei direcții a fost următoarea:

	%
— creșterea rezervelor	39,0
— exploatarea zăcămintelor	45,0
— prelucrarea țițeiului	16,0
	100,0

Rezultatele favorabile obținute în lucrările geologice desfășurate în anii de economie planificată, prin punerea în evidență de noi rezerve atît în zonele vechi aflate în exploatare, cît și în zone noi, au asigurat dezvoltarea continuă a extracției țițeiului și a gazelor, creîndu-se totodată premise favorabile pentru extinderea ei în viitor.

Creșterea rezervelor s-a bazat îndeosebi pe intensificarea prospecțiunilor geologice și pe mărirea eficienței acestora prin utilizarea unei aparaturi din ce în ce mai perfecționate. De asemenea, în urma rezultatelor obținute prin prospecțiunile geofizice, forajul de cercetare geologică de mică și de mare adîncime a fost intensificat prin folosirea de noi instalații moderne, construite în țară. Ca urmare, importante zăcăminte de țiței au fost descoperite în Moldova, Oltenia, în județul Argeș, Cîmpia Dunării și Banat, iar zăcăminte de gaz metan în Bazinul Transilvaniei și în regiunile extracarpatice.

Noile zăcăminte au fost puse în valoare pe bază de proiecte de exploatare rațională, care prevăd metodele de exploatare, investițiile pe fiecare structură, debitul rațional al sondelor, asigurînd cu cheltuieli minime extragerea unor cantități maxime de hidrocarburi. De asemenea, s-a dat o atenție deosebită folosirii optime a presiunii de zăcămînt la transportul gazelor prin conducte la consumatori.

La marea majoritate a zăcămintelor de țiței au fost aplicate metode de creștere a factorului final de recuperare, cum sînt: injecția de apă și gaze în strat pentru menținerea presiunii la zăcămintele noi, iar la cele vechi diferite metode de recuperare secundară a țițeiului. Ca urmare a aplicării acestor metode, în perioada 1950–1970 s-a obținut o producție suplimentară de 22,5 mil.t, iar factorul final de recuperare a țițeiului din zăcămînt a crescut pînă la 31%. Un alt efect pozitiv al injecției de fluide în zăcămînt, în scopul menținerii presiunii acestuia, a fost prelungirea perioadei eruptive a sondelor, ceea ce a condus la economii importante în costul exploatării.

În afară de acestea au fost aplicate diverse metode pentru îmbunătățirea afluxului de țiței în sondă, ca: fisurare hidraulică, acidizări, tratamente termochimice, tratamente cu substanțe tensioactive etc.

O acțiune importantă în extracția țițeiului, care a adus economii importante, a fost folosirea cît mai deplină a gazelor extrase împreună cu țițeiul (gaze asociate). Prin măsurile luate pentru construirea de conducte, stații de compresoare și instalații de degazolinare cît mai moderne, utilizarea acestor gaze a crescut continuu, ajungînd în prezent la 97% din cantitatea extrasă.

O dată cu creșterea utilizării gazelor asociate s-a dezvoltat și capacitatea de degazolinare a acestora, producția de gazolină necesară la obținerea de materii prime pentru petrochimie și de gaze lichefiate crescînd de la 153 408 t în 1950 la 382 218 t în 1970.

Datorită creșterii rezervelor și exploatării raționale a zăcămintelor prin aplicarea metodelor științifice în mod unitar, producția de țiței și gaze naturale (gaz metan și gaze asociate) prezintă creșteri importante față de anul 1950 (fig. 1).

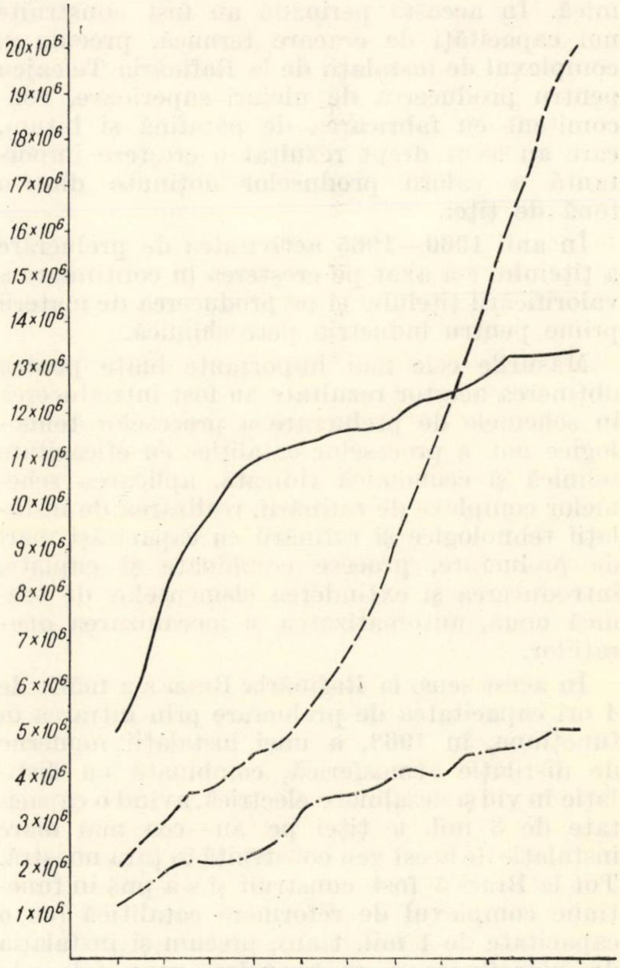


Fig. 1. Creșterea producției de țiței și gaze naturale în perioada 1950–1970:

—— țiței, t
— — — gaz metan, 1000 m³
— . — gaz de sondă, 1000 m³

Creşterea mare a producţiei de gaz metan a fost posibilă datorită creşterii rezervelor industriale de peste trei ori faţă de cele existente la începutul primului plan cincinal, precum şi dezvoltării reţelei de conducte magistrale, care, de la 900 km în 1948, a ajuns să depăşească în prezent 5700 km.

Paralel cu creşterea producţiei de ţiţei au fost dezvoltate şi capacităţile de prelucrare, atît extensiv, pentru a asigura prelucrarea întregii cantităţi de ţiţei extras, cît şi intensiv, prin adîncirea prelucrării în procese secundare, care să asigure o valorificare cît mai ridicată prin obţinerea de produse de calitate superioară şi de materii prime pentru petrochimie.

Dacă perioada primului cincinal (1951—1955) s-a caracterizat prin eforturi în direcţia măririi capacităţii de prelucrare primară a ţiţeiului, pentru a se face faţă ritmului rapid de creştere a producţiei de ţiţei, care în acest interval s-a dublat, în perioada 1955—1959 accentul a fost pus pe ridicarea nivelului tehnic al rafinăriilor, dezvoltîndu-se procesele de prelucrare secundară cu o cît mai mare eficacitate economică. În această perioadă au fost construite noi capacităţi de cracare termică, precum şi complexul de instalaţii de la Rafinăria Teleajen pentru producerea de uleiuri superioare, concomitent cu fabricarea de parafină şi bitum, care au avut drept rezultat o creştere importantă a valorii produselor obţinute dintr-o tonă de ţiţei.

În anii 1960—1965 activitatea de prelucrare a ţiţeiului s-a axat pe creşterea în continuare a valorificării ţiţeiului şi pe producerea de materii prime pentru industria petrochimică.

Măsurile cele mai importante luate pentru obţinerea acestor rezultate au fost introducerea în schemele de prelucrare a proceselor tehnologice noi, a proceselor catalitice cu eficacitate tehnică şi economică ridicată, aplicarea schemelor complexe de rafinării, realizarea de instalaţii tehnologice şi rafinării cu capacităţi mari de prelucrare, procese combinate şi cuplate, introducerea şi extinderea elementelor de tehnică nouă, automatizarea şi mecanizarea operaţiilor.

În acest sens, la Rafinăria Brazi s-a mărit de 4 ori capacitatea de prelucrare prin intrarea în funcţiune, în 1963, a unei instalaţii moderne de distilaţie atmosferică, combinată cu distilaţie în vid şi desalinare electrică, avînd o capacitate de 3 mil. t ţiţei pe an—cea mai mare instalaţie de acest gen construită în ţara noastră. Tot la Brazi a fost construit şi s-a pus în funcţiune complexul de reformare catalitică (cu o capacitate de 1 mil. t/an), precum şi instalaţia de hidrofinare a motorinelor, care foloseşte hidrogenul rezultat la instalaţia de reformare catalitică. Aceste instalaţii, concepute şi realizate la nivelul tehnicii mondiale, au permis obţinerea benzinelor cu cifre octanice ridicate, a hidrocarburilor aromatice (benzen, toluen, etilbenzen, xileni), a hidrocarburilor parafinice uşoare (propan, izobutan, butan) de înaltă puritate, formînd materia primă pentru industria petrochimică, precum şi a motorinelor de calitate superioară.

S-a reconstruit şi s-a completat instalaţia de fracţionare a gazolinei de la Rafinăria Ploieşti, pentru a face faţă creşterii producţiei de gazolină, iar la Rafinăria Brazi s-a construit o instalaţie de absorbţie şi fracţionare a gazelor pentru prelucrarea gazelor produse în rafinăriile din Ploieşti. Punerea în funcţiune a acestor instalaţii a dat posibilitatea obţinerii unor componenţi uşori pentru benzina auto, gaze lichefiate de uz casnic, precum şi a unor importante cantităţi de materii prime pentru industria petrochimică.

În cadrul dezvoltării şi modernizării rafinăriei din oraşul Gh. Gheorghiu-Dej a fost pus în funcţiune în 1965 un complex de instalaţii pentru reformarea catalitică a benzinelor inferioare, cu o capacitate de 600 mii t/an.

Tot la rafinăria din oraşul Gh. Gheorghiu-Dej, ca şi la Rafinăria Brazi, au fost puse în funcţiune instalaţiile pentru producerea cocsului de petrol necesar în industria metalurgică şi la fabricarea produselor abrazive. Din cocsul obţinut în aceste instalaţii se fabrică în prezent electrozii necesari pentru Uzina de aluminiu Slatina.

În ultimul cincinal (1966—1970), acţiunea de modernizare a rafinăriilor a continuat prin înzestrarea acestora cu noi instalaţii. Astfel, la Rafinăria Brazi a fost construită şi pusă în funcţiune o instalaţie de cracare catalitică cu o capacitate de 1 mil. t/an şi o instalaţie de izomerizare a metaxilenului în paraxilen pentru mărirea cantităţii de materie primă necesară instalaţiei de dimetiltereftalat pentru producerea de fibre poliesterice. Introducerea acestor instalaţii moderne şi mărirea capacităţilor au asigurat sporirea producţiei de gaze pentru chimizare, hidrocarburi aromatice şi benzine cu cifră octanică ridicată. De asemenea, la Rafinăria Ploieşti a fost pus în funcţiune un complex pentru producerea de uleiuri superioare din ţiţeiuri neparafinoase.

În afară de modernizarea rafinăriilor existente a fost construită şi pusă în funcţiune o nouă rafinărie la Piteşti, pentru prelucrarea de ţiţei sulfuros din import, cu o capacitate de 3 mil.t/an, care în faza actuală este dotată cu instalaţii de reformare catalitică, hidrofinare a petrolului şi motorinei şi separare a sulfului. Ca urmare a punerii în funcţiune a acestor noi instalaţii au fost îmbunătăţite randamentul în produse superioare şi calitatea produselor în general.

Procesele nou apărute, cele mai avansate din punctul de vedere al progresului tehnic (reformarea şi cracarea catalitică, hidrofinarea motorinei, extracţia de aromate, cocsarea), reprezintă proporţii din ce în ce mai însemnate în structura proceselor de prelucrare, raportate la distilația atmosferică, astfel:

	1948	*1960*	*1970*
Distilația atmosferică	100,0	100,0	100,0
Cracarea catalitică	—	1,5	11,0
Reformarea catalitică	—	—	14,5
Hidrofinarea motorinei	—	—	6,0
Cocsarea	—	0,6	6,8

Dezvoltarea acestor procese a permis fabricarea de combustibili, carburanți și lubrifianți superiori, pentru a satisface cererile mereu crescînde ale economiei naționale, calitatea cerută pe piața mondială, fabricarea de materii prime pentru petrochimie și, o dată cu acestea, pentru îmbunătățirea indicatorilor tehnico-economici la nivelul industriei mondiale a petrolului.

Față de anul 1950, au fost realizate creșteri importante la motorine, uleiuri, bitum, parafină, gaze lichefiate, precum și la produse noi, cum sînt hidrocarburile aromatice și cocsul de petrol, astfel:

— mii tone —

	1938	*1950*	*1960*	*1970*
Benzină	1 529	1 502	2 792	2 786
Motorină	858	731	2 376	4 979
Păcură	2 186	1 681	3 824	4 249
Uleiuri	65	125	311	546
Bitum	67	92	249	537
Gaze lichefiate	2	12	77	207
Aromate	—	—	0,5	358

(Anuarul statistic al R.S.R. pe anul 1970, p. 186)

Grupa benzinelor a înregistrat o creștere ușoară în această perioadă, ca urmare a adîncirii prelucrării acestora în vederea îmbunătățirii calității (cifra octanică medie crescînd față de anul 1950 cu 19 unități), conform cerințelor automobilelor moderne, dotate cu motoare cu raport de compresie de peste 8/1.

Prin adîncirea prelucrării benzinelor au rezultat și cantități însemnate de hidrocarburi aromate de înaltă puritate, precum și fracțiuni de gaze utilizate ca materie primă în industria petrochimică. A crescut în mod deosebit cantitatea de motorină, aceasta reprezentînd 39,8% în 1970, față de 14,6% în 1950 din țițeiul prelucrat — furnizîndu-se astfel combustibili de calitate superioară pentru locomotivele Diesel-electrice, pentru autocamioanele de mare tonaj, navele maritime și motoarele fixe utilizate în industrie, precum și o mare cantitate de combustibili speciali de focare solicitați pentru consumul intern și pentru export.

Tot pentru motoarele moderne, fabricate în țară în număr din ce în ce mai mare, se realizează o gamă largă de uleiuri cu indice de viscozitate de peste 98, cu congelări scăzute și cu alte caracteristici calitative superioare, în continuă adaptare la progresul tehnic.

În ceea ce privește gazele naturale, tendința este ca ele să fie folosite din ce în ce mai mult ca materie primă în procesele tehnologice din industria chimică, industria materialelor de construcții, metalurgie, industria sticlei și ceramicei etc., reducîndu-se ponderea folosirii lor în scopuri energetice.

Valorificarea superioară, complexă atît a produselor petroliere, cît și a gazului metan, se realizează însă în industria chimică și, în special, în petrochimie.

Astfel, gazul metan se utilizează la fabricarea acetilenei, care, la rîndul ei, constituie materia primă pentru alte produse importante la Combinatul chimic Craiova, unde se obține acidul acetic, care se utilizează la fabricarea maselor plastice și a solvenților butanol și octanol.

La Combinatul chimic Victoria se fabrică metanol și formaldehidă din gaze de sinteză fabricate pe bază de gaz metan.

Alte instalații care fabrică produse organice pe bază de gaz metan sînt cele de solvenți clorurați din cadrul Combinatului chimic Borzești și al Uzinelor chimice Turda, instalațiile de acid cianhidric de la Fabrica de fire și fibre sintetice Săvinești, Uzina ,,Carbosin''-Copșa Mică și altele.

Gazele bogate în etilenă, propilenă și butilenă, precum și hidrocarburile aromatice (benzen, etilbenzen, xileni), obținute la rafinăriile Brazi și din orașul Gh. Gheorghiu-Dej, constituie materii prime de bază pentru Combinatul petrochimic Brazi și Combinatul de cauciuc sintetic din orașul Gh. Gheorghiu-Dej.

Etilbenzenul, obținut prin reformarea catalitică a benzinelor, se folosește în mod deosebit de avantajos la fabricarea polistirenului.

Din parafină se fabrică acizi grași care sînt transformați în alcooli grași superiori, la Borzești, și folosiți la obținerea de detergenți sintetici. De asemenea, aromatele și olefinele din benzina de cracare termică se utilizează la obținerea de detergenți.

O mare parte din gazul metan consumat în industria chimică se foloseşte la fabricarea îngrăşămintelor azotoase şi a negrului de fum.

Prin prelucrarea produselor petroliere şi a gazului metan în industria chimică, valoarea acestora creşte de la cîteva ori pînă la zeci de ori, aşa cum, de exemplu, la combinatul de cauciuc sintetic valoarea produselor obţinute este de 40 de ori mai mare decît valoarea materiilor prime petroliere consumate.

Pentru cincinalul următor, orientarea în privinţa producţiei de ţiţei constă în utilizarea cît mai raţională a rezervelor.

În prelucrarea ţiţeiului, dezvoltarea în perspectivă ţine seama de condiţiile specifice ţării noastre, de tendinţele manifestate în industria mondială a petrolului, de avantajele obţinute prin diversele scheme de prelucrare realizate în alte ţări. Printre măsurile care stau la baza acestei dezvoltări se numără:

— extinderea schemelor moderne de prelucrare a ţiţeiului, care să asigure prelucrarea prin cele mai avantajoase procese: cracare catalitică în vederea furnizării de materii prime necesare petrochimiei şi a benzinelor cu cifră octanică ridicată, reformare catalitică în acelaşi scop, hidrofinări pentru ridicarea calităţii uleiurilor, motorinelor, petrolurilor şi benzinelor, hidrocracarea distilatelor în scopul producerii de produse superioare;

— extinderea tehnicii noi, bazate pe automatizarea şi mecanizarea operaţiilor;

— construirea în continuare a unor capacităţi mari cu procese combinate în acelaşi bloc sau cuplate.

În ceea ce priveşte gazul metan, se vor pune în evidenţă noi rezerve, iar pentru asigurarea industriei se vor construi noi capacităţi de transport, conducte magistrale şi staţii de compresoare, care vor asigura în anul 1975 transportul a 22 miliarde m^3 gaz metan şi 5,2 miliarde m^3 gaze asociate.

Astfel, industria românească de petrol şi gaze naturale va aduce în continuare un aport important la dezvoltarea întregii economii naţionale, în scopul desăvîrşirii socialismului în ţara noastră.

PRINCIPIILE DE AMENAJARE A RESURSELOR DE APĂ ALE ROMÂNIEI

Dr. ing. **Florin Iorgulescu,**
preşedintele Consiliului Naţional al Apelor

Resursele

Fără Dunăre — sursă în cea mai mare parte „alogenă" — România ar fi o ţară săracă în resurse de apă : volumul total al scurgerii medii pe teritoriul ţării este de 33,6 miliarde m^3/an, ceea ce reprezintă aproximativ 1 700 m^3/locuitor şi an ; acest indice este de peste 20 000 în ţări ca Finlanda, Norvegia, Suedia şi sub 1 000 numai în Ungaria, Olanda şi Republica Democrată Germană. Considerînd şi Dunărea, România se înscrie în categoria ţărilor mijlocii, care au între 5 000 şi 10 000 m^3/locuitor şi an. În această categorie mai intră Albania, Cehoslovacia, Elveţia, Olanda, Turcia şi U.R.S.S. De altfel, Dunărea este singurul curs de apă important al ţării noastre ; deşi reţeaua hidrografică este relativ bogată (aproximativ 0,25 km de rîu*) la 1 km^2), numai patru rîuri au debitul mediu mai mare de 100 m^3/s, fără însă a depăşi 200 m^3/s**).

Potenţialele cursurilor de apă sînt, de asemenea, relativ mici ; potenţialul hidroenergetic tehnic amenajabil este de 36 miliarde kWh/an (circa 1 800 kWh/locuitor şi an), din care o treime revine Dunării ; potenţialul de irigaţii tehnic amenajabil este de circa 7,5 milioane ha, din care 2 milioane ha revin Dunării ; potenţialul de navigaţie în regim neamenajat este reprezentat, practic, numai de Dunăre.

Nici resursele de apă subterane nu sînt mai bogate, fiind utilizabili circa 160 m^3/s, din care circa 70 m^3/s se prelevă în prezent.

Cerinţele de apă

După cum este cunoscut, industrializarea, dezvoltarea agriculturii şi creşterea nivelului de trai al populaţiei se reflectă şi într-o sporire permanentă a cerinţelor de apă.

Evoluţia din ultimul deceniu a prelevărilor de apă şi prevederile de dezvoltare a lor în următorul deceniu sînt caracterizate de următoarele cifre : 3 miliarde m^3 în 1960 ; 6,1 miliarde m^3 în 1965 ; 10,3 miliarde m^3 în 1970 ; circa 20 miliarde m^3 în 1975 şi circa 30 miliarde m^3 în 1980.

Consumul efectiv de apă în anul 1970 a reprezentat aproximativ 6 miliarde m^3, adică circa 60 % din prelevări.

Prelevările şi consumul din anul 1970, raportate la numărul de locuitori (peste 500, respectiv 300 m^3/locuitor şi an) situează România printre ţările europene cu indici de acest fel ridicaţi. Indicii şi ritmul ridicat de creştere a cerinţelor de apă se explică în special prin ponderea şi dezvoltarea irigaţiilor şi a industriei. Astfel, în 1970, din volumul total prelevat, irigaţiilor le-a revenit 43 %, industriei 37 %, alimentărilor cu apă pentru populaţie 15 % şi piscicultorii 5 %. În acelaşi timp, sînt de remarcat consumurile specifice mari, atît în industrie, cît şi în irigaţii, precum şi gradul mic de recirculare a apelor prelevate.

Alături de cerinţele calitative de apă , amenajarea resurselor de apă trebuie să aibă în vedere şi cerinţele cu privire la calitatea apei şi protecţia ei, precum şi cerinţele de gospodărire a apelor în legătură cu combaterea acţiunii lor distructive.

Principiile politicii de amenajare a resurselor de apă ale României

Creşterea puternică a cerinţelor de apă a pus, ca şi în alte ţări, probleme deosebite, în cazul României aceste probleme fiind mai dificile din cauza modicităţii resurselor cursurilor de apă interioare. Începînd încă din 1965, într-o bună parte din bazinele hidrografice necesarul de apă nu se mai poate satisface în regim natural, astfel încît se impun lucrări de amenajare. Amenajarea cursurilor de apă constituie o problemă de stat încă din anul 1950, cînd s-a elaborat primul plan de electrificare şi de amenajare a apelor. Dacă în acea perioadă accentul cădea pe valorificarea resurselor hidroenergetice, în prezent gospodărirea apelor este caracterizată de luarea în considerare a numeroase elemente de natură social-economică, definitorii pentru statul şi economia României. Dată fiind proprietatea socialistă asupra pămîntului, apelor şi unităţilor economice, precum şi caracterul planificat al economiei naţionale, este posibil ca amenajarea cursurilor de apă să fie concepută raţional, pentru satisfacerea optimă, din punctul de vedere al ansamblului economiei naţionale, a cerinţelor, de multe ori contradictorii, ale diferitelor ramuri ale economiei apelor. Caracterul planificat al economiei permite ca planurile de amenajare să aibă în vedere perspectivele de dezvoltare economică a ţării, iar realizarea lor să se poată face, de asemenea, planificat.

Luarea în considerare a ansamblului de cerinţe ale economiei şi ale populaţiei a condus la amenajarea cursurilor de apă nu numai pentru folosirea acesteia, ci şi pentru combaterea acţiunii ei distructive, aspect potenţat de consecinţele grave ale fenomenelor hidrologice excepționale din aprilie — mai 1970. Amenajarea resurselor de apă ale României se face avînd în vedere și legătura strînsă dintre calitatea apei și folosirea ei în general; peste un anumit grad de poluare apele oferă posibilități mai restrînse de folosire, iar pe de altă parte lucrările de amenajare a cursurilor de apă pot contribui la obținerea unei ape de calitate mai bună, prin diluția apelor uzate în perioadele de ape mici, cînd problemele poluării sînt cele mai acute, cu ajutorul emisiilor din lacurile de acumulare.

---

*) Au fost luate în considerare rîurile cu bazinul de recepţie mai mare de 10 km^2.

**) Siret (vărsare) — 194 m^3/s ; Olt (vărsare) — 177 m^3/s ; Mureş (frontieră) — 165 m^3/s ; Someş — 114 m^3/s.

Din cele arătate rezultă două dintre principiile de bază ale politicii de amenajare a resurselor de apă ale României : principiul planificării, reflectat în creșterea planificată a cerințelor de apă — ca un corolar al dezvoltării social-economice planificate — și în planificarea centralizată a amenajărilor, și principiul amenajării complexe a resurselor, reflectat în luarea în considerare a folosirii apelor, a combaterii acțiunii lor dăunătoare și a protecției calității apelor.

Pe aceste principii se bazează și principiile tehnicii de realizare a politicii de amenajare a resurselor de apă, dintre care sînt de evidențiat în special următoarele :

— Gospodărirea rațională a apei prin raționalizarea consumurilor, eliminarea risipei, reducerea pierderilor, reutilizarea prin recirculare la aceeași folosință, folosirea succesivă a apei; aceste probleme, oarecum neglijate cîtă vreme eram încă relativ bogați în apă, dobîndesc pe zi ce trece o importanță tot mai mare, dată fiind obligația ce o avem de a proteja resursele de apă și de a folosi cît mai complet disponibilitățile în regim natural și amenajările existente, ținînd seamă de cheltuielile ridicate de asigurare a noi surse prin lucrări de amenajare.

— Folosirea cu precădere a resurselor proprii ale fiecărui bazin hidrografic, înainte de a se recurge la aportul bazinelor hidrografice vecine, care la rîndul lor pot deveni deficitare în etapele următoare de dezvoltare.

— Punerea în valoare a tuturor potențialelor cursurilor de apă : hidroenergetic, de irigații, de navigație etc. Această problemă este cu atît mai importantă, cu cît resursele energetice ale țării sînt limitate și au devenit deja insuficiente, iar fără irigații nu se poate asigura o folosire rațională a fondului funciar și dezvoltarea în continuare a agriculturii pentru obținerea de producții agricole înalte și stabile etc.

— Restituirea apelor uzate numai după epurarea lor prealabilă, pentru a nu se înrăutăți gradul de poluare a cursurilor de apă, în vederea folosirii lor în piscicultură și a dezvoltării alimentărilor cu apă pentru populație și industrie.

— Tratarea problemelor de prevenire a acțiunii dăunătoare a apei printr-un complex de măsuri și lucrări în ansamblul bazinului hidrografic, în vederea atenuării viiturilor, evitării subinundării, reducerii debitului solid și combaterii eroziunii solului.

Aceste principii sînt aplicate în schemele de amenajare întocmite pe bazine hidrografice.

Unele probleme concrete ale amenajării resurselor de apă

1. *Amenajarea Dunării.* Așa cum s-a arătat mai înainte, principala resursă de apă a României o constituie Dunărea, care are un potențial hidroenergetic și de irigații mare și concentrat, fiind totodată și principala cale de navigație, prin care se face legătura cu opt țări europene, precum și ieșirea pe apă la Marea Neagră. În folosirea Dunării trebuie să se țină seama, însă, că resursele de apă ale acesteia nu aparțin exclusiv țării noastre și că regimul de navigație al acestui fluviu este reglementat printr-o convenție internațională. Dezvoltarea principalelor trei folosințe ale Dunării — irigațiile, navigația și hidroenergetica — este într-o strînsă interdependență reciprocă. Pentru irigații, Dunărea reprezintă sursa cea mai bogată și mai economică; în plus, cîmpia Dunării și Dobrogea sînt regiunile care au cel mai mult nevoie de irigații și au cea mai masivă concentrare de suprafețe irigabile. Valorificarea potențialului irigabil al Dunării este condiționată, însă, de volumul relativ mare al prelevărilor de apă din Dunăre și din bazinul ei, efectuate de către toate statele riverane, precum și de necesitatea menținerii navigației. În perspectivă, în condițiile unor prelevări crescute, acestea nu se vor putea face, în regim natural, în perioadele de ape mici, cînd și cerințele de apă pentru irigații sînt cele mai ridicate, fără consecințe defavorabile asupra navigației. Asigurarea simultană a prelevărilor de apă și a navigației este posibilă numai dacă se realizează pe Dunăre biefuri stăvilite prin construcții de baraje. Canalizarea Dunării va rezolva și alte cerințe ale navigației : asigurarea și la debite mici a adîncimilor necesare pentru navigație, menținerea actualei adîncimi navigabile (2,5 m) fără lucrări permanente de dragaj și obținerea, în perspectivă, a unei adîncimi navigabile mai mari — 3,5 m — care să facă posibilă circulația unor nave de tonaj mai mare, mult mai rentabile. Pentru sectorul Porțile de Fier, canalizarea rezolvă și o altă problemă mai veche a acestuia — capacitatea de trafic limitată la 15—16 milioane tone/an, valoare practic atinsă în 1969; Porțile de Fier constituiau o piedică esențială în dezvoltarea transporturilor pe Dunăre și din cauza costului ridicat al acestora.

Nici irigațiile, nici navigația nu sînt în situația ca, separat sau împreună, să suporte în condiții economice acceptabile investițiile mari necesare pentru bararea Dunării și crearea lacurilor de acumulare aferente. De aici a rezultat că singura soluție este realizarea unor amenajări complexe, pentru energetică și navigație, care să facă posibilă și dezvoltarea prelevărilor de apă, inclusiv pentru irigații, pe sectorul românesc al Dunării și în afara lui. Efectul energetic al amenajării integrale a Dunării inferioare reprezintă pentru țara noastră circa 2 200 MW și circa 12 miliarde kWh/an. În cadrul schemei de amenajare a Dunării inferioare, în afara Sistemului hidroenergetic și de navigație Porțile de Fier sînt prevăzute și alte lucrări, realizarea unora dintre ele constituind deja obiectul unor tratative cu țările cointeresate (Iugoslavia și Bulgaria). Este de menționat că efectul deplin al amenajării Dunării nu se poate obține decît prin realizarea întregii cascade de hidrocentrale.

2. *Problema acumulărilor.* Volumul total al scurgerii pe Dunăre este de aproape 5 ori volumul scurgerii cursurilor de apă interioare. Chiar dacă întregul volum ar fi disponibil pentru acoperirea necesităților de apă ale țării noastre, acest lucru nu ar fi oportun din punct de vedere tehnic și economic, deoarece Dunărea este un curs de apă de margine, iar țara este împărțită în două de lanțul Munților Carpați. Pentru acoperirea necesităților de apă este necesar să se utilizeze și resursele rîurilor interioare. De altfel, nici nu ar apărea rațional să lăsăm apele acestor rîuri să se scurgă în Dunăre (98 % din suprafața României este în bazinul de recepție al Dunării) pentru a le repompa apoi în vederea utilizării lor în interiorul țării, atunci cînd ele pot fi aduse relativ simplu la locurile de consum. Folosirea cît mai completă a scurgerii rîurilor interioare întîlnește însă o dificultate majoră în neuniformitatea mare a repartizării lor în timp : volumul scurgerii anuale scade în unii ani, pentru unele rîuri, la o treime din volumul mediu multianual; în lunile de primăvară se scurge, în unii ani, 80 % din volumul de apă anual; debitele lunare de vară scad pînă la 30 % din debitul mediu multianual. În condițiile unor cerințe de apă din ce în ce mai mari și ale unui volum al scurgerii anuale mic, în comparație cu necesitățile, regularizarea scurgerii cu ajutorul lacurilor de acumulare capătă o mare importanță. În cadrul planurilor de amenajare, care au cuprins întreg teritoriul țării, au fost inventariate peste 600 de acumulări însumînd circa 50 miliarde m^3. Evident, nu toate vor fi realizate. Pînă de curînd realizarea de acumulări în zonele de deal și de cîmpie a fost tratată cu foarte mare circumspecție și, în general, a fost evitată. În ultimul timp, însă, s-a conturat din ce în ce mai mult necesitatea realizării a cît mai multe acumulări, inclusiv acumulări mari, și nu numai în zona de munte, chiar cu sacrificii relativ importante (strămutări de localități și căi de comunicație, inundări de terenuri agricole), atît pentru a se asigura rezervele de apă necesare consumatorilor, în primul rînd irigațiilor, cît și, mai ales, pentru combaterea inundațiilor. Actualmente, la toate acumulările se prevăd tranșee pentru atenuarea viiturilor și urmează să se realizeze și acumulări destinate în principal luptei contra viiturilor; aceste aspecte au fost oarecum subapreciate în trecut. Așa cum s-a arătat, în viitor acumulările vor juca un rol tot mai important și pentru diluarea apelor uzate evacuate în consumurile de apă. În perioada 1971—1975 urmează să fie realizate sau începute peste 30 de acumulări relativ mari.

3. *Amenajările hidroenergetice.* Un factor propulsiv în amenajarea resurselor de apă a fost și va fi realizarea centralelor hidroelectrice. Pentru zona de munte a cursurilor de apă, ele reprezintă folosința dominantă. În puterile noi instalate în ultimii 20 de ani — circa 7 000 MW — puterea instalată în centralele hidroelectrice reprezintă 27 %. Ponderea energiei hidroelectrice în producția totală de energie electrică a crescut de la 5 % în 1960 (aproape 400 milioane kWh) la circa 8 % în 1970 (peste 2 770 milioane kWh) și urmează să reprezinte, cu toată dezvoltarea în ritmuri deosebit de mari a producției de energie electrică, peste 15 % în 1975 și aproape 20 % în 1980. În următorii 15 ani urmează să fie practic complet realizată amenajarea întregului potențial hidroelectric economic amenajabil al României.

În valorificarea resurselor hidroenergetice se acordă prioritate amenajărilor care au un rol complex — combaterea viiturilor (Bicaz, Argeș, Lotru, Someș), irigații (Argeș, Bicaz), alimentarea cu apă a populației și a industriei (Argeș, Someș, Bistrița-aval), navigație (hidrocentralele de pe Dunăre). Schemele se caracterizează prin concentrarea puternică a debitelor, inclusiv din bazine de recepție învecinate (Argeș, Lotru, Someș, Sebeș), în lacuri de acumulare relativ mari, situate în zona superioară a cursului de apă, prin care se controlează o parte importantă a bazinului de recepție (Bicaz, Vidraru, Vidra), precum și prin realizarea, în aval de centralele de mare cădere și putere, a unor cascade de hidrocentrale mai mici, prin care se amenajează integral sectoare de rîu lungi de zeci de kilometri (Bistrița, Argeș). Aceste principii de amenajare hidroenergetică a cursurilor de apă se vor păstra și la lucrările prevăzute pentru perioada următoare.

4. *Navigabilizarea cursurilor de apă.* Pe baza unor studii, elaborate nu de mult, a reieșit oportunitatea amenajării unor cursuri de apă și pentru navigația interioară : Oltul (sectorul R. Vîlcea — Dunăre), Siretul (sectorul Adjud — Dunăre), Valea Mostiștei, eventual Mureșul.

Studii mai aprofundate vor trebui să clarifice problema realizării ca arteră navigabilă a canalului Siret—Bărăgan.

Navigabilizarea este justificată numai ca o folosință suplimentară în cazul amenajărilor pentru scopuri energetice și de irigații. În unele cazuri, pentru instalațiile de navigație se va lăsa doar posibilitatea executării lor ulterioare, sau se va realiza minimul de lucrări a căror execuţie ulterioară ar fi oneroasă. Această soluţie de principiu este necesară, deoarece navigaţia va fi economică numai atunci cînd toate treptele amenajării, în primul rînd cele de lîngă Dunăre, vor fi fost realizate.

Studiile au arătat, de asemenea, că prezintă interes şi realizarea unui canal navigabil Dunăre — Marea Neagră.

5. *Irigaţiile.* Irigaţiile se vor realiza nu numai în sisteme mari, ci şi în sisteme locale, care se bazează atît pe acumulări create prin bararea unor cursuri mici de apă cu construcţii din materiale locale, cît şi pe folosirea apelor subterane. Va fi necesar ca în perioadele următoare să se adopte metode şi procedee de irigaţie care asigură o folosire mai economică a apei.

6. *Alte aspecte.* O atenţie mai mare urmează să se acorde, în cadrul amenajării resurselor de apă, unor probleme în general neglijate pînă în prezent, ca : utilizarea pentru piscicultură a lacurilor de acumulare, alimentarea cu apă în mediul rural, folosirea amenajărilor şi pentru agrement, sport, turism.

În amplasarea obiectivelor industriale, avînd în vedere resursele limitate şi cheltuielile din ce în ce mai mari pentru obţinerea apei, este necesar să se ţină seamă de disponibilităţile de apă şi de costul la care ea revine, precum şi de faptul că obiectivul respectiv poate contribui la agravarea poluării apei.

Principiile de amenajare a resurselor de apă ale ţării vor căpăta o sancţionare juridică în cadrul unei legi de gospodărire a apelor, actualmente în pregătire.

Problema apelor de frontieră formează obiectul unor convenţii bilaterale încheiate cu toate statele vecine : U.R.S.S., Bulgaria, Iugoslavia şi Ungaria.

Concluzii

1. Amenajarea cît mai judicioasă a resurselor de apă ale României este o necesitate obiectivă, rezultată din imposibilitatea satisfacerii în regim natural a cerinţelor de apă şi din importanţa pe care o are combaterea acţiunii distructive a apei.

2. Beneficiind de condiţiile favorabile proprii societăţii socialiste, în România amenajarea resurselor de apă se face planificat şi are un caracter complex, urmărind concomitent folosirea apelor, protecţia calităţii lor şi combaterea acţiunii lor distructive.

3. Dată fiind importanţa apei pentru populaţie şi economie, amenajarea cursurilor de apă ale ţării este o problemă de stat. Politica amenajării resurselor de apă, în condiţiile concrete ale României, acordă o atenţie deosebită gospodăririi raţionale a acestei bogăţii naturale pe care o reprezintă apa.

4. Principiile tehnice de amenajare a resurselor de apă ale României sînt dintre cele mai moderne. Condiţiile social-economice asigură posibilitatea unei amenajări raţionale a acestor resurse.

5. România este una dintre puţinele ţări ce dispun de mai multă vreme (1962) de un plan de amenajare a resurselor de apă, care oferă o bază corespunzătoare pentru rezolvarea problemelor curente şi de perspectivă ale lucrărilor de amenajare. Unele aspecte neglijate într-o oarecare măsură în trecut, precum şi unele probleme noi, actuale sau de perspectivă în dezvoltarea social-economică a ţării, sînt luate în prezent în considerare.

6. Realizările de pînă acum, ca şi Programul naţional de gospodărire raţională a resurselor de apă, aprobat de Plenara Comitetului Central al Partidului Comunist Român din 17—19 martie 1970, confirmă justeţea atît a principiilor de politică generală a amenajării resurselor de apă ale României, cît şi a principiilor tehnice prin care această politică generală este aplicată în practică.

◆

DEZVOLTAREA CERCETĂRII ÎN ENERGETICA ROMÂNIEI

Acad. prof. dr. docent **R. Răduleţ,**
Conf. ing. **C. Mihăileanu,**
Dr. ing. **L. Groza***)

Opera de industrializare socialistă a ţării, începută după 1948, o dată cu naţionalizarea principalelor mijloace de producţie, a pus în faţa inginerilor noştri probleme complexe de proiectare şi construire a unor mari complexe industriale, de elaborare a noi procedee tehnologice, de mecanizare şi automatizare a producţiei, de gospodărire judicioasă a resurselor minerale şi energetice şi de electrificare a ţării. Rezolvarea problemelor tehnice puse de dezvoltarea energeticii, în condiţiile specifice ţării noastre, nu se putea face însă fără dezvoltarea corespunzătoare a unei activităţi ştiinţifice proprii. În consecinţă, au fost create instituţii speciale, capabile să efectueze o activitate organizată în domeniile cercetării, studiului şi proiectării energetice.

Institutul de energetică al Academiei Republicii Socialiste România, înfiinţat în 1948, inclus astăzi în Institutul de cercetări şi proiectări de echipamente termoenergetice (ICPET) şi, parţial, în Institutul de cercetări electroenergetice şi pentru termoficare (ICENERG), a dezvoltat cercetări în domeniile purtătorilor de energie, economiei energetice, în electro şi termoenergetică.

Institutul de studii şi proiectări energetice (ISPE), înfiinţat în 1949, împreună cu Institutul de studii şi proiectări hidroenergetice (ISPH), desprins ulterior din ISPE, ambele dependente de Ministerul Energiei Electrice, au elaborat programele de dezvoltare a sistemului energetic naţional, precum şi proiectele de realizare a marilor obiective energetice.

Totodată, în cadrul ISPH au fost organizate laboratoare de cercetări experimentale pentru perfecţionarea şi introducerea de noi tehnologii ale barajelor şi uvrajelor hidrotehnice, găsirea de înlocuitori pentru materialele clasice utilizate în construcţiile hidroenergetice, precum şi cercetări privind stările de rezistenţă şi stabilitate ale construcţiilor hidrotehnice şi ale masivelor de pămînt, folosind modele structurale.

Institutul de cercetări electroenergetice şi pentru termoficare (ICENERG), din cadrul aceluiaşi minister, cercetează problema introducerii tehnicii noi în sistemul energetic naţional, ameliorarea calităţii energiei electrice şi a căldurii furnizate consumatorilor şi condiţiile tehnice ce trebuie satisfăcute de agregatele, echipamentul şi aparatajul ce se introduc în sistemul energetic.

În cadrul Centralei industriale de producere a energiei electrice şi termice din Ministerul Energiei Electrice, Intreprinderea pentru raţionalizarea şi modernizarea instalaţiilor energetice (IRME) se ocupă de problemele ridicate de o exploatare adecvată a unităţilor şi obiectivelor energetice.

Lucrări în domeniul energetic au efectuat şi unităţi de cercetare ale altor instituţii centrale şi ministere economice, în special în domeniul identificării şi punerii în valoare a zăcămintelor de combustibili.

O contribuţie importantă la cercetarea energetică din ţara noastră a fost adusă şi de institutele de învăţămînt tehnic superior.

Economia energetică

În economia energetică au fost elaborate metode de inventariere şi valorificare raţională a purtătorilor de energie, de stabilire şi normare a consumurilor specifice şi de prognoză a consumurilor de energie, de elaborare a bilanţului energetic general şi de optimizare a structurii centralelor electrice din cadrul sistemului energetic, în condiţiile ţării noastre.

Cercetările privitoare la prognoza dezvoltării energetice au sprijinit fundamentarea ştiinţifică a lucrărilor de elaborare a planurilor curente şi de perspectivă în acest domeniu, în care erau preponderente metodele empirice. Au fost precizate metodele şi modelele matematice ale seriilor temporale, puse la baza prognozei prin extrapolare, precum şi modele ale corelaţiilor dintre evoluţia consumului de energie electrică şi evoluţia indicatorilor economici, pe ansamblul ţării şi pe sectoare economice.

Lucrările de inventariere a resurselor energetice au fost puse în valoare prin dezvoltarea cercetărilor de economie energetică. Atlasele de resurse energetice, care furnizează date şi informaţii calitative şi cantitative asupra resurselor ţării, au putut fi utilizate şi în alte domenii. Astfel, atlasul resurselor hidroenergetice a servit la elaborarea planurilor de amenajări complexe ale cursurilor de apă, iar atlasul resurselor termoenergetice a servit ca bază lucrărilor din domeniul exploatării combustibililor.

Cercetările în acest domeniu urmăresc perfecţionarea modelului matematic al bilanţului energetic general, prin utilizarea metodelor de programare neliniară şi elaborarea unei teorii de optimalitate a bilanţurilor, cu considerarea perioadelor de perspectivă mai îndelungate, ca şi a posibilităţilor pe care le prezintă calculatoarele analogice la optimizarea bilanţului energetic general.

---

*) Acad. prof. dr. docent Remus Răduleţ este vicepreşedinte al Academiei R. S. România; conf. ing. Călin Mihăileanu este directorul ICENERG; dr. ing. Liviu Groza este director tehnic al ISPE.

Schimbarea ponderii diferiţilor purtători clasici de energie şi apropiata intervenţie a combustibililor nucleari în acoperirea necesarului nostru de energie cer adîncirea cunoaşterii caracteristicilor lor energotehnologice, perfecţionarea metodicilor de optimizare a bilanţurilor energetice viitoare anuale şi de perspectivă pe baza economicităţii diferitelor transformări de energie, a metodicilor de optimizare a structurii sistemelor energetice şi integrării în acestea a centralelor nucleare, ca şi a perfecţionării metodelor de preevaluare a necesarului de energie.

Pentru fundamentarea lucrărilor de termoficare industrială şi urbană au fost întreprinse numeroase studii şi cercetări teoretice şi practice, care au permis stabilirea elementelor de bază ale consumurilor de căldură, respectiv au fost determinate caracteristicile termice ale construcţiilor, indicii de consum de apă caldă, coeficientul orar de termoficare optim, parametrii optimi ai reţelelor de termoficare şi altele. În urma studiilor, cercetărilor şi experimentărilor a fost cristalizată concepţia unitară proprie privind termoficarea în România, aducîndu-se totodată o contribuţie remarcabilă la efoturile pe plan mondial de clarificare a căilor de promovare a termoficării.

Nevoia de a menaja rezervele de hidrocarburi, în vederea valorificării lor superioare ca materie primă în industrie, impune studiul utilizării surselor secundare de energie şi al realizării de instalaţii de mare capacitate, pentru a folosi cu randamente superioare cărbunii noştri de calitate inferioară, disponibili în cantităţi importante, precum şi studiul dezvoltării amenajărilor hidroenergetice şi cercetarea metodelor de transformare directă a energiei combustibililor în energie electrică.

Electroenergetică

Cercetările în electroenergetică au urmărit elaborarea treptată a unei teorii generale care să permită analiza funcţionării şi planificării sistemelor electroenergetice şi stabilirea criteriilor pentru optimizarea lor, automatizarea calculelor privind regimurile de funcţionare a sistemelor electroenergetice, optimizarea acestora şi planificarea sistemului energetic naţional, precum şi asigurarea unui ritm şi a unui nivel ridicat de introducere a tehnicii noi în sistemul energetic naţional.

Primele rezultate importante au fost obţinute în elaborarea unei metode unitare de analiză nodală a sistemelor electroenergetice, care foloseşte drept concepte noi schema radială echivalentă REI şi imaginea nodală, bazată pe reprezentarea prin fazoare a curenţilor de scurtcircuit. Metoda a permis stabilirea şi generalizarea de noi soluţii pentru problemele de analiză a regimurilor staţionare şi dinamice ale sistemelor. Ea se integrează într-o dezvoltare a teoriei generale a reţelelor electrice liniare, în care se stabilesc două noi teoreme duale ce permit să se constituie scheme echivalente simple, de tipurile derivaţie şi serie, în care figurează generatoarele de tensiune (schema REI), respectiv injectoarele de curent corespunzătoare.

În paralel cu dezvoltarea sistemului energetic s-au efectuat cercetări în vederea adaptării noilor mijloace de analiză la posibilităţile calculatoarelor electronice numerice, stabilindu-se algoritme de calcul, care permit să se obţină cu calculatoarele schema radială sau derivaţie-tip, imaginea nodală a reţelei, cu diagrama-tip a curenţilor de scurtcircuit. Analiza nodală a reţelelor, adaptată la calculatoare numerice existente în ţară, este aplicată curent în toate problemele specifice sistemului electroenergetic: reglaje, stabilitate statică şi dinamică, pierderi. Realizarea şi asimilarea ,,anagrafului'' — un dispozitiv cuplat la calculatorul de proces al marilor grupuri generatoare, pentru vizualizarea pe ecran a caracteristicilor regimurilor de funcţionare, cu sesizarea stărilor periculoase — constituie un nou şi valoros sprijin al analizei nodale, care contribuie la mărirea siguranţei în funcţionare.

Necesitatea de a ridica gradul de siguranţă al elementelor componente şi al întregului sistem energetic, care foloseşte tensiuni tot mai înalte, a impus dezvoltarea cercetărilor privitoare la propagarea undelor pe linii lungi şi cercetarea unor fenomene delicate, ale tehnicii tensiunilor înalte, de electrofizică şi magnetofizică, de electromagnetism şi mecanică.

În electrotehnică şi electroenergetică s-a elaborat o teorie generală a fenomenelor tranzitorii din circuitele şi liniile electrice lungi cu pierderi suplimentare, care conţin sau se găsesc în prezenţa unor conductoare masive, precum şi o teorie a supratensiunilor interne prelungite ce apar la punerea la pămînt a unei faze a reţelelor trifazate cu neutrul izolat. Rezultatelor acestor cercetări li se adaugă o metodă originală de analiză a sistemelor automate neliniare, pe baza căreia s-au introdus noi criterii de stabilitate, ce pot fi exprimate în limbajul caracteristicilor de frecvenţă, şi are o sferă de aplicabilitate ce o depăşeşte pe a metodelor clasice şi, deci, depăşeşte şi cadrul electroenergeticii.

În automatică, cercetarea a sprijinit şi dezvoltarea automatelor finite, realizarea de aparatură de automatizare şi de automatizări de procese industriale.

S-au dezvoltat metode de calcul al maşinilor şi transformatoarelor, ca părţi ale sistemului energetic, şi s-au dezvoltat noi maşini electrice cu mişcare rectilinie alternativă.

În domeniul protecţiei prin relee, cercetarea s-a desfăşurat în principal în direcţia elaborării unor aparate cu caracter special, pentru ridicarea gradului de siguranţă al protecţiei şi compensarea greutăţilor procurării de aparate din import.

Prin cercetările întreprinse au fost dezvoltate şi perfecţionate metodele de calcul privind funcţionarea şi dezvoltarea sistemului electroenergetic, pe măsura ameliorării bazei materiale de calcul.

Dispunem astăzi de programe de calcul după modele matematice adecvate pentru majoritatea genurilor de calcule necesare planificării sistemului electroenergetic.

Pentru prognoza consumului de energie electrică şi a curbelor de sarcină se folosesc modele matematice statistice, bazate pe regresii şi serii dinamice, pe simulare Monte Carlo şi lanţuri Markov.

Printre rezultatele cercetărilor în domeniul preciziei prognozelor se numără cele privitoare la legea de scădere a preciziei unei prognoze bazate pe serii temporale o dată cu creşterea intervalului de timp pentru al cărui sfîrşit s-a făcut prognoza şi în funcţie de împrăştierea datelor de plecare în jurul trend-ului de evoluţie, lege de scădere care depinde puţin de modelul matematic adoptat pentru legea de evoluţie în timp a valorii medii prognozate.

În privinţa optimizării structurii centralelor electrice s-au elaborat programe de calcul bazate pe modele de programare liniară, aflate în prezent în curs de experimentare şi perfecţionare. Pentru problema deosebit de complexă a exploatării optime a centralelor în sisteme cu centrale termoelectrice, hidroelectrice şi centrale de termoficare, au fost elaborate programe de calcul tot mai ample şi mai precise, dar care nu au epuizat problema, ele trebuind să fie perfecţionate în continuare. Menţionăm în acest sens cercetările în curs pentru elaborarea programului integrat de calcul al regimurilor optime, cu stabilirea planului optim de tensiuni şi cu determinarea matricei de sensibilitate a reţelei.

Pentru studiul dezvoltării reţelelor de transport s-au elaborat modele experimentale de simulare şi de programare liniară şi programele de calcul respective, modele şi programe care urmează a fi extinse şi perfecţionate în continuare.

Pentru planificarea reţelelor de distribuţie orăşeneşti se dispune astăzi de programe de simulare a dezvoltării sarcinii şi de programe integrate de simulare a dezvoltării şi alegerii variantei optime, obţinute prin cercetări care au fost dezvoltate pînă în faza de elaborări de normative pentru serviciile de proiectare din cadrul întreprinderilor de reţele, care se ocupă cu dezvoltarea reţelelor urbane.

În privinţa dimensionării rezervelor necesare în centrale — parte integrantă a studiilor de dezvoltare a centralelor şi reţelelor — au fost elaborate modele probabilistice de tipul lanţurilor Markov, pentru alegerea schemelor termice la blocurile generatoare de mare putere, pentru determinarea indicatorilor de siguranţă ai schemelor de conexiuni din staţii şi ai unor scheme particulare, cum sînt reţelele de distribuţie urbană. Programele realizate sînt în exploatare curentă şi se utilizează în activitatea de planificare a sistemului electroenergetic.

Cercetările actuale se desfăşoară în vederea elaborării unor modele pentru aprecierea siguranţei globale a reţelelor de transport.

În domeniul introducerii tehnicii noi în instalaţiile electroenergetice, o amplă şi diversificată activitate de cercetare şi-a propus elucidarea fenomenelor care conduc la întreruperi în furnizarea energiei electrice şi stabilirea de măsuri pentru combaterea acestor fenomene şi a urmărilor lor. Cercetările referitoare la prevenirea incendiilor în gospodăriile de cabluri au condus la concluzii şi recomandări practice, iar măsurile propuse au fost preluate de către forurile responsabile.

Pentru reducerea incidentelor datorate echipamentelor a fost realizată o staţie de încercări de mare putere alimentată din sistemul energetic şi au început încercările asupra unor produse ale uzinelor constructoare de maşini, destinate sectorului energetic.

Au fost efectuate cercetări asupra reducerii efectelor golurilor de tensiune şi au fost propuse soluţii tehnice pentru ameliorări la unele mari întreprinderi industriale.

Se urmăreşte, de asemenea, determinarea efectelor factorilor nocivi ai mediului înconjurător, ai îmbătrînirii şi uzurii asupra caracteristicilor şi siguranţei utilajelor, a materialelor, aparatelor şi instalaţiilor.

Activitatea de cercetare urmăreşte soluţionarea multilaterală a problemelor tehnice pe care le pune introducerea noilor tipuri de utilaje sau soluţii funcţionale, a unor noi regimuri de exploatare sau metode de conducere operativă, pînă la atingerea performanţelor scontate.

Cercetările de psihologie industrială au urmărit şi testarea personalului de exploatare la categoriile de personal care pot contribui la evitarea sau localizarea avariilor.

Complexitatea problemelor exploatării şi planificării sistemului energetic a făcut necesară o reprofilare a calculelor, elaborarea de noi metodologii, bazate pe modele matematice adecvate şi pe utilizarea calculatoarelor electronice.

Cercetarea în vederea asigurării unei informaţii adecvate pentru studiile şi cercetările ce se efectuează a evidenţiat necesitatea reorganizării, pe baze cu totul noi, a traficului teleinformaţional, urmărindu-se în primul rînd inventarierea tuturor problemelor cu caracter tehnico-ştiinţific ce ar putea fi rezolvate cu ajutorul calculatoarelor electronice.

S-a pus accentul şi pe scoaterea în evidenţă a problemelor de gestiune economică, probleme care se pretează la prelucrarea automată, şi s-a schiţat un program de doatre cu echipament de calcul destinat prelucrării automate a datelor în domeniul energetic.

Au fost elaborate şi sînt în curs de experimentare programe de gestiune economică (calculul salariilor, contabilizarea consumurilor de materiale la o întreprindere de montaj şi la un institut de proiectări, urmărirea planului de proiectare). Sînt în curs de efectuare, de asemenea, în legătură cu organizarea fişierelor de date şi a bibliotecii de programe pentru calculatorul IRIS-50, cercetări pentru alegerea funcţiunilor şi dimensionarea calculatoarelor de proces utilizate în conducerea blocurilor energetice de mare putere şi pentru stabilirea condiţiilor tehnice impuse calculatoarelor de proces asimilate în ţară, în vederea utilizării lor în sistemul energetic.

Termoenergetica

Cercetările termoenergetice s-au dezvoltat în cîteva direcţii principale. Una dintre ele se referă la cercetarea condiţiilor pentru arderea optimă a ligniţilor româneşti. De asemenea, au fost lămurite problemele pulverizării şi omogenizării amestecurilor şi ale elementelor pentru dirijarea arderii combustibililor lichizi, precum şi problemele de aprindere şi stabilizare a arderii combustibililor gazoşi. Au fost elaborate procedee pentru intensificarea arderii combustibililor.

Recent a fost iniţiată cercetarea teoretică şi experimentală a posibilităţii arderii şisturilor bituminoase şi a condiţiilor pe care trebuie să le îndeplinească agregatele ce vor utiliza acest combustibil. Au fost efectuate cercetări privind soluţionarea problemei arderii în termocentrale a păcurii cu conţinut ridicat de sulf şi vanadiu şi au fost elucidate efectele chimice negative ale utilizării acestui tip de combustibil. S-au realizat prototipuri de aparate pentru determinarea coroziunii la joasă temperatură şi pentru determinarea conţinutului de SO_2/SO_3 în gazele de ardere. Aceste activităţi vor fi continuate în vederea elaborării unor aditivi şi pentru inhibarea efectelor nocive (coroziune, depuneri), precum şi pentru obţinerea unor tipuri de acoperiri (lacuri, vopsele etc.) cu aplicativitate în instalaţiile energetice.

Au fost ameliorate metodele de analiză termodinamică a ciclurilor motoarelor termice. S-au efectuat cercetări care au avut ca rezultat introducerea termoficării urbane şi industriale.

O altă direcţie de cercetare, referitoare la introducerea centralelor nucleare în sistemul energetic, a urmărit elaborarea de metode pentru calculul fizic şi termic al reactoarelor şi analiza termodinamică a ciclurilor lor. De asemenea, au fost dezvoltate cercetări de optimizare a parametrilor centralelor nuclearoelectrice. În cadrul aceloraşi preocupări a fost iniţiat studiul procesului de fierbere pe modele de elemente de combustibil şi au fost determinate fluxurile termice critice în reactoarele nucleare cu circulaţie naturală. Au fost elaborate modele matematice pentru reactoarele moderate cu apă grea. Se continuă studiul proceselor termice şi hidrodinamice în reactoarele nucleare şi al optimizării parametrilor acestora, determinarea tipului optim de centrală nucleară, analiza termodinamică a ciclurilor centralelor nucleare şi utilizarea calculatoarelor electronice în conducerea proceselor din centralele nuclearoelectrice.

S-au desfăşurat cercetări şi în legătură cu proprietăţile combustibililor nucleari, comportarea lor în condiţii de fluxuri de neutroni, proprietăţile de moderator ale apei grele, metode de obţinere a apei grele, precum şi cercetări privind tehnologia materialelor pentru tehnica nucleară.

Un alt grup de cercetări în curs, în domeniul termoenergetic, este consacrat studiului schimbului de căldură şi masă în turnurile de răcire. Acelaşi program de cercetări cuprinde circuitele de răcire pentru centralele termoelectrice, aspecte legate de poluarea termică, precum şi cercetări asupra hidrotransportului zgurei, al cenuşii şi al şlamului.

Se continuă cercetările pentru eliminarea sau reducerea zgurificării la cazanele care folosesc cărbuni inferiori, pentru minimizarea uzurii morilor de cărbune praf, pentru reducerea spargerii ţevilor de cazane, preîncălzitoare regenerative şi boilere de termoficare şi pentru adoptarea unor soluţii eficiente la descărcarea cărbunilor în condiţii de îngheţ.

Un alt grup de cercetări urmăreşte fundamentarea condiţiilor tehnice generale pentru noile agregate energetice ce urmează a fi asimilate în fabricaţie de industria noastră constructoare de maşini.

Rezerve de substanţe minerale

Cercetările întreprinse în domeniul industriei extractive miniere şi prepararea substanţelor minerale au sprijinit introducerea unor procedee perfecţionate de exploatare a zăcămintelor, extinderea metodelor cu front lung la minele de cărbuni, mecanizarea unor operaţii miniere şi în special a transportului. Ele au sprijinit, de asemenea, prepararea cărbunilor noştri cocsificabili prin procedee cu medii dense.

În industria extractivă petrolieră au fost mărite vitezele de săpare a sondelor, productivitatea acestora și factorul de recuperare finală a țițeiului din zăcăminte, pe baza studiului și aplicării unor metode de foraj mai eficiente, a perfecționării utilajului petrolier și a forajului la adîncimi mari, a folosirii de aditivi adecvați pentru condiționarea fluidelor de foraj etc.

Cercetarea viitoare în industria extractivă va continua extinderea metodelor de exploatare de mare productivitate și exploatarea cu front lung la minele de cărbuni și totodată perfecționarea metodelor de exploatare a straturilor groase, prin crearea de tavane artificiale elastice, deschiderea și îmbunătățirea carierelor de lignit de mare capacitate. Ea va urmări, de asemenea, asimilarea de noi tipuri de mașini, utilaje și instalații miniere, pentru sporirea siguranței în exploatare, aplicarea de tehnologii noi sau perfecționate, pentru prepararea în condiții mai bune și mai economice a combustibililor.

Cercetările ulterioare vor viza perfecționarea forării sondelor prin metode ca : dislocarea mecanică a rocilor, realizarea forajului la mare adîncime, ameliorarea exploatării sondelor prin lărgirea gamei de agenți tensioactivi, perfecționarea mecanismelor de dislocare a fluidelor din strat prin alte fluide și aplicarea de noi metode pentru sporirea factorului de recuperare a țițeiului sau pentru recuperarea lui din zăcăminte vechi. Prin rezultatele acestor cercetări, specialiștii noștri vor putea să sprijine și pe mai departe atît industria petrolieră din țara noastră, cît și pe cea din unele țări în curs de dezvoltare.

Concluzii

Tematica cercetării noastre energetice este orientată asupra problemelor actuale ale economiei naționale și a cerințelor de dezvoltare a științei și culturii, în limitele posibilităților pe care le creează baza materială, perspectivele ei de creștere și disponibilul de cadre. Se urmărește ca rezultatele imediate și de perspectivă care urmează a fi obținute prin această creștere să poată fi valorificate în timp util în producție, spre a contribui atît la lărgirea bazei ei, la valorificarea pe o treaptă superioară a resurselor naturale ale țării și la extinderea domeniilor de utilizare a produselor ce pot înlocui materii prime și materiale deficitare, cît și la elaborarea unor tehnologii de produse noi, necesare, la ridicarea nivelului tehnic al economiei, la sporirea productivității muncii și reducerea costurilor de producție, la creșterea competitivității produselor românești pe piețele externe. În orientarea cercetării se ține seamă de nevoia de a continua și dezvolta și cercetarea fundamentală din științele tehnice, care au astăzi o bogată și valoroasă tradiție și în care s-au format școli de cercetare ce s-au impus pe plan internațional.

◆

CONCEPŢIA DE DEZVOLTARE A SISTEMULUI ENERGETIC NAŢIONAL

Nicolae Armencoiu,
adjunct al ministrului energiei electrice

Prezentare generală

Dezvoltarea intensă a întregii economii naţionale din ţara noastră necesită cantităţi mereu sporite de energie electrică şi în condiţii de calitate permanent superioare, energia electrică jucînd un rol din ce în ce mai important şi activ în întreaga activitate economică şi social-culturală. Acest fapt, precum şi sumele deosebit de importante investite an de an în industria energiei electrice au impus stabilirea unei concepţii fundamentale privind dezvoltarea sistemului energetic. Această concepţie, determinată de rolul pe care energia electrică îl joacă în viaţa economică a ţării şi de specificul acestui fel de energie, se bazează pe următoarele principii generale:

— *Utilizarea cît mai raţională a resurselor energetice.* Astfel, în timp ce combustibilii inferiori, cum este lignitul, pot fi folosiţi practic numai în industria energiei electrice, alţi combustibili, cum sînt gazele, pot servi şi drept materie primă în industria chimică, ceea ce impune optimizarea pe ansamblul economiei naţionale a folosirii zestrei energetice a ţării.

— *Dezvoltarea în avans a sectorului energiei electrice în raport cu ramurile consumatoare.* Acest lucru este determinat de faptul că industria energiei electrice trebuie să asigure dezvoltarea nestînjenită a tuturor consumatorilor, indiferent de natura lor, industrială sau casnic-edilitară. Spre deosebire de consumatori, la care durata totală de realizare a investiţiilor este în medie de cîţiva ani, instalaţiile energetice au un ciclu relativ dublu, ceea ce impune asigurarea unui avans.

— *Dezvoltarea sistemului energetic pe baza unui plan de largă perspectivă.* Durata relativ mare de realizare a unor obiective energetice, precum şi costurile importante care intervin, au impus elaborarea unor planuri de dezvoltare energetică de largă perspectivă, din care să rezulte din timp ordinea, etapele şi dimensiunile la care vor trebui realizate toate obiectivele energetice.

— *Furnizarea energiei electrice de calitate corespunzătoare.* Rolul din ce în ce mai important pe care energia electrică îl are în întreaga activitate social-economică a făcut ca absenţa acesteia să conducă la pagube uneori importante sau chiar la paralizarea activităţii unor mari aglomerări urbane sau zone industriale. În aceste condiţii este necesară asigurarea continuităţii furnizării energiei electrice prin instalaţii a căror realizare este determinată şi justificată de daunele posibile în alternativa absenţei acestora.

— *Punerea la dispoziţia întregii populaţii a avantajelor oferite de energia electrică.* Dezvoltarea permanentă a sistemului energetic a creat premisele unei electrificări extensive şi intensive a gospodăriilor casnice şi edilitare, conducînd continuu la creşterea nivelului de trai. Avantajele energiei electrice în viaţa particulară sînt permanent valorificate şi multiplicate prin asigurarea unui sortiment de aparate electrocasnice cît mai variat.

Aceste principii generale au fost permanent adaptate condiţiilor specifice perioadelor prin care a trecut dezvoltarea sistemului energetic şi a economiei naţionale. Astfel, în primii ani de electrificare a rezultat ca avantajoasă utilizarea gazelor naturale în centralele electrice, ceea ce a asigurat o dezvoltare rapidă, cu investiţii minime, a producţiei de energie electrică. În condiţiile actuale, cînd există o puternică industrie de chimizare, a devenit mult mai economică, pe ansamblul economiei, producerea de energie electrică în centrale hidroelectrice sau centrale termoelectrice pe cărbune inferior, deşi acestea conduc la un preţ de cost relativ mai ridicat şi la o durată de realizare mai lungă decît cele pe gaze.

De asemenea, însuşi conceptul de siguranţă în alimentarea cu energie electrică a evoluat în timp.

Astfel, dacă în primii ani de electrificare, cînd sistemul electroenergetic nu era încă închegat, siguranţa în alimentare se obţinea prin surse de alimentare de rezervă locale, în prezent structura sistemului permite, pe zone întinse ale teritoriului, realizarea unor alimentări multiple din surse diferite şi pe căi diferite. Trebuie arătat, de asemenea, că industrializarea a condus la apariţia unor consumatori deosebit de exigenţi, sensibili chiar la fluctuaţii mici şi de scurtă durată ale tensiunii de alimentare, cazuri pentru care se prevăd la consumatori grupuri locale cu funcţionare separată sau pornire automată, dimensionate la puterea receptoarelor respective.

Prognoza consumului de energie electrică

Punctul de plecare pentru planificarea dezvoltării sistemului energetic este preliminarea consumului viitor de energie electrică şi a caracteristicilor lui. Această activitate prezintă o importanţă cu atît mai mare, cu cît dezvoltarea consumului în România are loc într-un ritm foarte rapid. Se poate arăta, astfel, că în ultimii 20 de ani (1950—1970) consumul de energie electrică a crescut de peste 15 ori, atingînd în 1970 32,6 TWh/an, corespunzător unui ritm mediu anual de creştere de 14,7%, sau unor perioade medii de dublare a consumului de 5 ani.

În figura 1 se prezintă dinamica cîtorva caracteristici principale ale consumului de energie electrică din România : consumul şi producţia de energie electrică, puterea instalată, puterea de vîrf absorbită şi variaţia indicelui producţiei globale industriale.

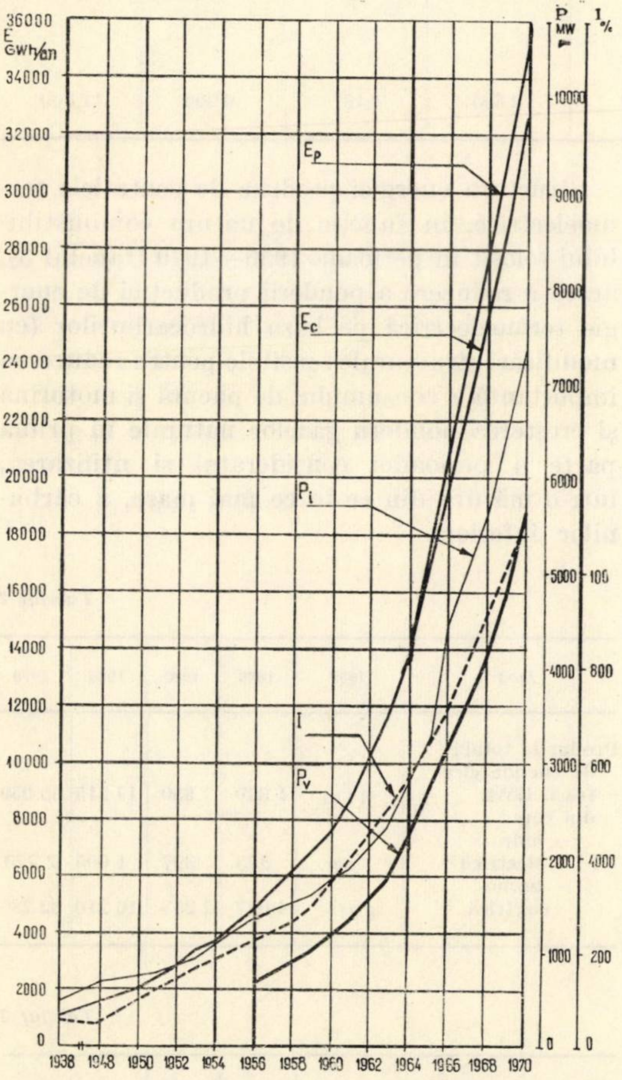


Fig. 1. Dinamica producţiei şi a consumului de energie electrică, a puterii instalate, a puterii de vîrf şi a indicelui producţiei industriale în perioada 1950—1970 :

E_p — producţia de energie; E_c — consumul de energie; P_i — puterea instalată; I — indicele producţiei globale industriale; P_v — puterea de vîrf.

Prevederea cît mai exactă a dezvoltării consumului de energie electrică a făcut obiectul unei activităţi permanente şi a necesitat utilizarea unor mijloace tot mai complexe, inclusiv a metodelor econometrice şi de simulare operaţională.

Cu foarte bune rezultate a fost aplicată metoda corelării ritmului consumului de perspectivă cu ritmul producţiei globale industriale, metodă aplicată cu bune rezultate şi în alte ţări. Se poate arăta că, faţă de prognoza pe 1970, elaborată în 1965 prin această metodă, abaterea realizărilor a fost sub 1%.

Particularităţile metodei dezvoltate în ţara noastră permit ca alegerea intervalului confidenţial de calcul să se efectueze în funcţie de scopul prognozei : orientarea dimensionării instalaţiilor sistemului energetic sau planificarea producţiei instalaţiilor existente.

Studiile elaborate au arătat că, în cazul prognozei de dimensionare, este oportună alegerea unei probabilităţi confidenţiale ridicate, de ordinul a 99%, în timp ce în cazul prognozei de plan este utilă adoptarea probabilităţii de 50%, plecînd de la aceeaşi ecuaţie de regresie liniară. Diferenţa care apare între valorile de dimensionare şi de plan poate fi denumită rezervă de prognoză şi poate fi exprimată atît în energie, cît şi în putere.

Metoda citată prezintă avantaje deosebite în ţările cu economie planificată, în care prin plan se stabileşte o valoare de perspectivă a indicelui producţiei globale industriale, uşor corelabilă cu consumul de energie electrică.

Legătura corelativă menţionată ţine seama de acţiunea vastă de electrificare a ţării, precum şi de dotarea cu electricitate a muncii industriale. În tabelul 1 se prezintă modul de variaţie a consumului pe locuitor şi dinamica dotării electroenergetice pe un salariat din industrie.

Dezvoltarea rapidă a consumului de energie electrică a comportat deplasări semnificative şi în structura acestuia ; deplasările se manifestă atît prin creşterea importanţei consumului industrial, în special pe seama apariţiei de noi ramuri industriale cu tehnicitate ridicată şi mare capacitate electroenergetică (electrochimie, electroliză etc.), cît şi prin sporirea consumului casnic şi comunal datorită extinderii şi adîncirii electrificării tuturor zonelor ţării.

Sporirea într-un ritm rapid a consumului de energie electrică este dublată de grija permanentă pentru utilizarea cît mai raţională a energiei electrice şi raţionalizarea consumului. Durata de utilizare anuală a puterii de vîrf şi modul ei de variaţie reprezintă o ilustrare a acestui fapt : dacă în 1960 durata de utilizare a fost de 6040 ore/an, în 1970 ea a ajuns la 6150 ore/an. În mod corespunzător, curbele de sarcină capătă un aspect tot mai aplatisat, coeficientul de umplere al curbei medii din luna cea mai încărcată (decembrie) trecînd de la 0,82 în 1959 la 0,87 în 1969. Totodată, raportul mediu gol/vîrf, în aceeaşi lună, a trecut de la 0,67 în 1959 la 0,75 în 1969.

Apariţia de noi consumuri care grevează în mod tipic numai perioada de vară (irigaţiile) a creat condiţii pentru creşterea vîrfului de consum, în această perioadă, pînă aproape de valoarea vîrfului de iarnă.

Tabelul 1

	U.M.	1950	1955	1960	1965	1970
Consumul pe locuitor	kWh/locuitor şi an	128	249	414	887	1 615
Dotarea energetică a muncii	kWh/salariat	1 829	2 895	4 187	6 993	11 000

Analiza statistică aprofundată a curbelor zilnice de sarcină a permis să se evidenţieze unele tendinţe în evoluţia acestora şi astfel să se prelimine curbele de sarcină în perspectivă.

Utilizarea raţională a resurselor energetice şi stabilirea programului de centrale

Concepţia de utilizare a resurselor energetice naţionale pentru producerea energiei electrice şi a căldurii în termoficare se bazează pe următoarele elemente principale :

— Dezvoltarea într-un ritm mai accentuat a producţiei de cărbuni, în special a cărbunelui inferior (lignit), continuîndu-se utilizarea lui în mari centrale termoelectrice amplasate în apropierea locului de extracţie.

— Intensificarea valorificării resurselor hidroenergetice în limite economice, acordîndu-se prioritate amenajărilor care asigură folosirea complexă a apelor.

— Extinderea valorificării resurselor hidroenergetice ale Dunării în colaborare cu ţările riverane.

— Extinderea producerii combinate de energie electrică şi căldură şi comasarea consumatorilor de căldură pe mari platforme industriale.

— Valorificarea resurselor secundare de căldură pentru producerea de energie electrică şi căldură în măsura în care acestea nu pot fi utilizate mai economic în alte scopuri.

— Descoperirea de noi surse de combustibili în scopul creşterii producţiei de energie primară, pentru acoperirea necesităţilor de energie din resurse interne.

Dezvoltarea rapidă a sistemului energetic în perioada 1950—1970 este marcată de aplicarea concepţiilor menţionate. Producţia de energie electrică a cunoscut o creştere impetuoasă, după cum rezultă din tabelul 2 ; producţia de energie a centralelor hidroelectrice a crescut de 16,4 ori (7,9% din total în 1970), iar a centralelor termoelectrice de 16,6 ori (92,1% din total în 1970).

Structura energiei produse de centralele termoelectrice, în funcţie de natura combustibilului folosit în perioada 1955—1970 (tabelul 3), arată o reducere a ponderii producţiei de energie termoelectrică pe baza hidrocarburilor (cu modificări structurale sensibile pentru reducerea importantă a consumului de păcură şi motorină şi creşterea ponderii gazelor naturale în prima parte a perioadei considerate) şi utilizarea, într-o măsură din ce în ce mai mare, a cărbunilor inferiori.

Tabelul 2

Anul	1950	1955	1960	1965	1970
Producţia totală de energie electrică, GWh din care :	2 113	4 340	7 650	17 215	35 059
— hidroelectrică	169	323	397	1 005	2 773
— termoelectrică	1 944	4 017	7 253	16 210	32 286

Tabelul 3

Anul	1955	1960	1965	1970*)
Total energie termoelectrică produsă, % din care :	100,0	100,0	100,0	100,0
— pe cărbuni inferiori	13,2	18,7	16,0	25,9
— pe cărbuni superiori	6,3	3,7	3,6	7,1
— pe motorină	11,8	7,9	3,7	0,1
— pe păcură	23,9	5,2	1,8	2,5
— pe gaze naturale	41,7	63,6	74,2	64,4
— pe alţi combustibili	3,1	0,9	0,7	—

*) date provizorii.

Evoluţia producţiei de căldură în termoficare în perioada 1950—1970 marchează o creştere a acesteia de la 1,8 mil. Gcal în anul 1950 la circa 42 mil. Gcal în anul 1970, ceea ce corespunde unui ritm mediu anual de creștere de 17,1%, respectiv unei dublări a producției de căldură în regim putere-căldură în circa 4,5 ani (fig. 2).

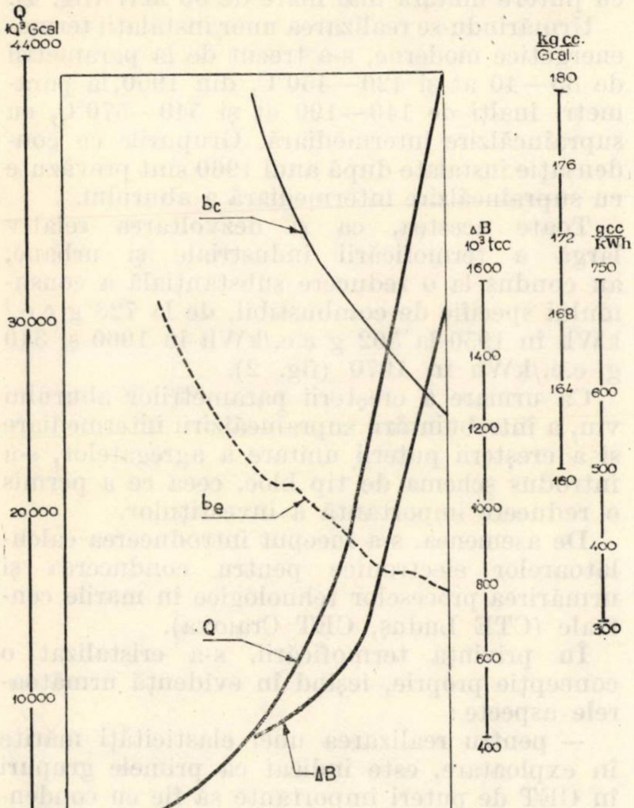


Fig. 2. Evoluția căldurii livrate, a economiei de combustibil și a consumului specific de combustibil pentru producerea căldurii în termoficare și evoluția consumului specific de combustibil pentru producerea energiei electrice:

b_c — consum specific de combustibil pentru producerea căldurii în CET; b_e — consum specific de combustibil pentru producerea energiei electrice; Q — căldura livrată în termoficare; ΔB — economia de combustibil.

Cota amenajată din potențialul hidroenergetic economic de 24 TWh/an al cursurilor de apă din România a crescut în perioada 1950—1970 de la 0,7% la circa 15% (fig. 3).

Evoluția puterii instalate în centralele electrice indică o creștere a acestei puteri în perioada 1950—1970 de circa 10 ori, cu un ritm mediu anual de 11,2%, ceea ce înseamnă dublarea puterii instalate la circa 6 ani.

Din evoluția structurii puterii instalate prezentate în tabelul 4 se constată că în perioada 1950—1970 puterea în centralele termoelectrice a crescut de 9 ori, ponderea lor din puterea totală instalată variind de la 92% în 1950 la 83,5% în 1970; centralele hidroelectrice își măresc puterea de 20 de ori, ponderea lor crescînd în această perioadă de la 8% în 1950 la 16,5% în 1970.

Concepția de amenajare a resurselor hidroenergetice s-a conturat pe baza studierii resurselor hidroenergetice și a stabilirii liniei de urmat pentru utilizarea acestora, ținînd seama de incidența principalilor factori energetici și de gospodărire a apelor. Această concepție poate fi rezumată în următoarele trăsături caracteristice:

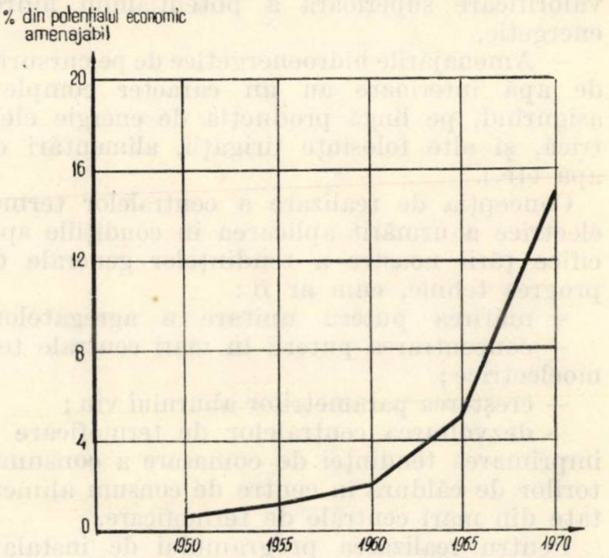


Fig. 3. Cota amenajată din potențialul hidroenergetic economic al cursurilor de apă.

Utilizarea maximă a potențialului hidroenergetic prin schemele de amenajare care se întocmesc pentru cursurile de apă.

Obținerea unei energii hidroelectrice de calitate superioară, prin adoptarea unor scheme de amenajare adecvate și prin determinarea corespunzătoare a parametrilor energetici ai centralelor hidroelectrice. Amenajările hidroenergetice, datorită marii lor manevrabilități, sînt cele mai indicate pentru acoperirea părții variabile a consumului de energie electrică.

Tabelul 4

Anul	1950	1955	1960	1965	1970*)
Total putere instalată, MW din care	740	1 220	1 779	3 258	7 340
— centrale hidroelectrice	60	100	210	461	1 200
— centrale termoelectrice, din care	680	1 120	1 569	2 797	6 140
— centrale de condensație	392	679	827	1 333	3 584
— centrale de termoficare	127	145	399	1 145	2 175
— centrale Diesel electrice	151	286	333	309	262
— centrale cu turbine cu gaze	10	10	10	10	119

*) date provizorii

— Eşalonarea în timp a construcţiei de centrale hidroelectrice, pentru a se realiza o funcţionare economică şi sigură a întregului sistem energetic în toate etapele lui de dezvoltare şi o valorificare superioară a potenţialului hidroenergetic.

— Amenajările hidroenergetice de pe cursurile de apă interioare au un caracter complex, asigurînd, pe lîngă producţia de energie electrică, şi alte folosinţe (irigaţii, alimentări cu apă etc.).

Concepţia de realizare a centralelor termoelectrice a urmărit aplicarea în condiţiile specifice ţării noastre a tendinţelor generale de progres tehnic, cum ar fi :

— mărirea puterii unitare a agregatelor;

— concentrarea puterii în mari centrale termoelectrice ;

— creşterea parametrilor aburului viu ;

— dezvoltarea centralelor de termoficare şi imprimarea tendinţei de comasare a consumatorilor de căldură în centre de consum alimentate din mari centrale de termoficare.

Pentru realizarea programului de instalare a necesarului de putere în perioada 1950—1970 în ritmul cerut de dezvoltarea producţiei de energie electrică, s-au adoptat puteri unitare din ce în ce mai mari, în concordanţă cu posibilităţile sistemului. Puterea unitară maximă în centralele termoelectrice a crescut de la 20 MW în 1950 la 50 MW în 1960 şi 315 MW în 1967, în perioada 1960—1967 introducîndu-se şi grupuri de 100, 150 şi 200 MW. În centralele de termoficare puterea unitară a crescut de la 4—12 MW în 1950 la 50 MW în 1960 şi 100 MW în 1966.

Faţă de anul 1960, cînd 86% din puterea instalată era reprezentată de grupuri mai mici de 50 MW, în anul 1970 circa 70% din puterea sistemului era instalată în grupuri cu putere unitară mai mare de 50 MW (fig. 4).

Urmărindu-se realizarea unor instalaţii termoenergetice moderne, s-a trecut de la parametrii de 33—40 at şi 420—450°C, din 1950, la parametri înalţi de 140—190 at şi 540—570°C, cu supraîncălzire intermediară. Grupurile cu condensaţie instalate după anul 1960 sînt prevăzute cu supraîncălzire intermediară a aburului.

Toate acestea, ca şi dezvoltarea relativ largă a termoficării industriale şi urbane, au condus la o reducere substanţială a consumului specific de combustibil, de la 723 g c.c./kWh în 1950 la 502 g c.c./kWh în 1960 şi 340 g c.c./kWh în 1970 (fig. 2).

Ca urmare a creşterii parametrilor aburului viu, a întrebuinţării supraîncălzirii intermediare şi a creşterii puterii unitare a agregatelor, s-a introdus schema de tip bloc, ceea ce a permis o reducere importantă a investiţiilor.

De asemenea, s-a început introducerea calculatoarelor electronice pentru conducerea şi urmărirea proceselor tehnologice în marile centrale (CTE Luduş, CET Craiova).

În privinţa termoficării, s-a cristalizat o concepţie proprie, ieşind în evidenţă următoarele aspecte :

— pentru realizarea unei elasticităţi mărite în exploatare, este indicat ca primele grupuri în CET de puteri importante să fie cu condensaţie şi prize reglabile, iar turbinele de contrapresiune să apară ca o a treia sau a patra unitate ;

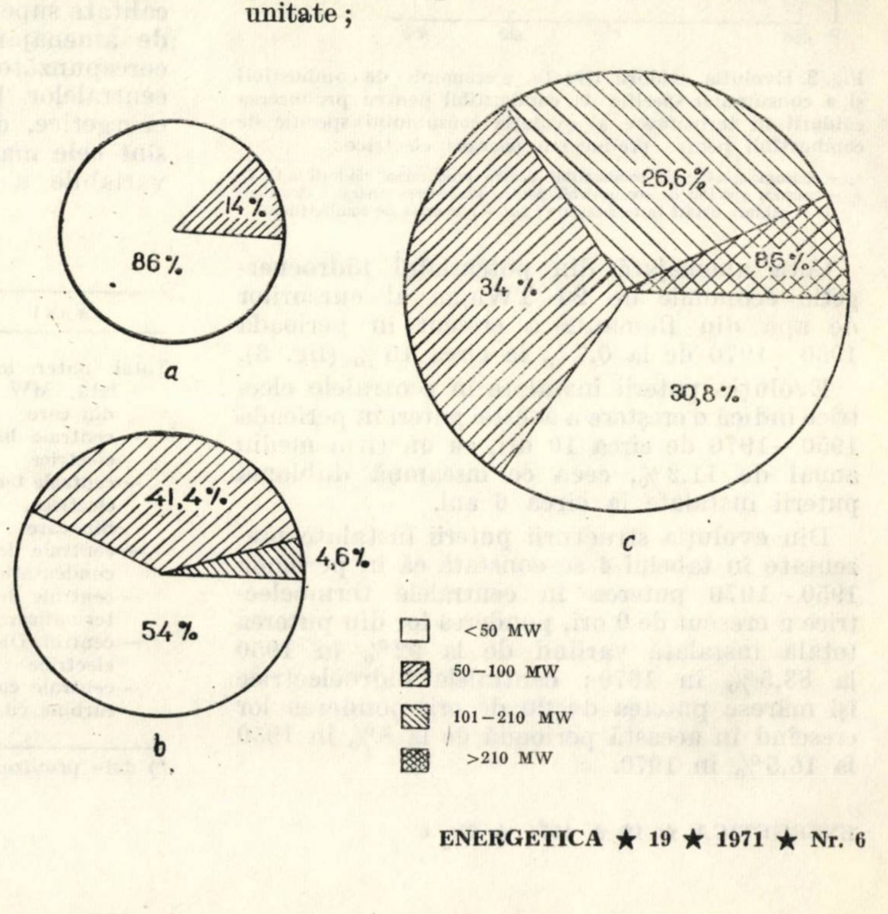


Fig. 4. Structura puterii electrice instalate, după puterea unitară a grupurilor : a – anul 1960, P_i = 1779 MW; b – anul 1965, P_i = 3258 MW; c – anul 1970, P_i = 7340 MW.

— atît pentru consumatorii industriali, cît şi pentru cei urbani, a rezultat ca necesarul de căldură pentru încălzire să fie acoperit folosindu-se scheme comune, avînd ca agent termic apa fierbinte cu temperatura de 150/70°C;

— utilizarea unor instalaţii simple şi ieftine (cazane de apă fierbinte) pentru acoperirea vîrfului de consum de căldură, avînd durate anuale de utilizare reduse (sub 1000 h/an);

— la reţelele de termoficare urbană şi pentru zonele industriale relativ restrînse este indicată adoptarea schemelor radiale.

La stabilirea tipului grupurilor şi centralelor electrice noi s-a ţinut seama şi de caracterul puterii necesare de acoperit (vîrf, semivîrf şi bază), corespunzător formei şi evoluţiei curbelor de sarcină. S-a urmărit asigurarea puterii şi energiei de vîrf de către centrale specializate. Structura de centrale a sistemului permite acoperirea în condiţii economice a vîrfului de sarcină cu ajutorul centralelor hidroelectrice, care beneficiază de efectul regularizator al unor acumulări, şi în mai mică măsură cu ajutorul centralelor termoelectrice specializate (grupuri de condensaţie cu pornire rapidă, turbine cu gaze). Planificarea puterilor necesare a fi instalate s-a făcut astfel încît să se asigure în mod corespunzător puterile de vîrf cerute şi puterea de rezervă necesară.

Urmărindu-se o politică energetică unitară, dezvoltarea centralelor electrice se face pe baza unor programe pe termen relativ lung, de circa 10—15 ani şi mai mult.

Nivelul necesar al puterii instalate se determină avînd în vedere asigurarea continuităţii alimentării cu putere şi energie electrică pe ansamblul sistemului energetic, a tuturor consumatorilor, ceea ce conduce la necesitatea existenţei în sistem a unei puteri superioare consumului maxim prevăzut a se realiza. Stabilirea puterii instalate în sistem, corespunzătoare asigurării consumului maxim anual prevăzut, necesită dimensionarea rezervelor de putere.

Reducerile de putere din cauza condiţiilor de exploatare şi reducerile ca urmare a reparaţiilor planificate pot fi considerate fenomene cu caracter determinist, valorile respective putînd fi stabilite cu precizie suficientă. În schimb, reducerile de putere ca urmare a ieşirilor forţate din funcţiune ale grupurilor, prin avariere, sînt fenomene cu caracter aleatoriu, valorile respective putînd fi apreciate numai prin metode probabilistice din condiţia obţinerii unui anumit grad de siguranţă.

Problema dimensionării puterii instalate necesare în sistem se rezolvă prin optimizarea mărimii puterii de rezervă, în cadrul unei structuri de centrale considerate în condiţiile unui grad prestabilit de asigurare a acoperirii consumului de putere şi energie electrică, pe ansamblul sistemului energetic.

Din examinările efectuate privind perioada următoare de dezvoltare a ansamblului centralelor electrice ale sistemului energetic s-au stabilit unele valori numerice ale indicatorilor de siguranţă, corespunzător optimizărilor efectuate. Astfel, zona valorilor optime ale gradului de asigurare cu energie electrică (raportul dintre energia medie probabilă livrată şi energia necesară într-un interval de timp) se situează în jur de 99,995%, iar valorile probabilităţilor de a dispune, pe ansamblul centralelor electrice din sistemul energetic, de o putere cel puţin egală cu puterea de vîrf cerută, se situează în jur de 95%.

Examinările efectuate au evidenţiat factorii principali care influenţează asupra indicatorilor de siguranţă, respectiv asupra necesarului de putere instalată, şi anume: consumul maxim de putere ce trebuie asigurat, ritmul anual de dezvoltare a sistemului, structura puterii instalate.

Avînd în vedere caracterul complex al problemei dezvoltării centralelor electrice, pentru analiza şi găsirea soluţiilor optime a fost necesar să se recurgă la metode matematice moderne. Astfel, s-a elaborat un model matematic utilizînd programarea liniară pentru prevederea dezvoltării centralelor electrice. Modelul permite ca, pe baza informaţiilor referitoare la datele energetice generale şi la datele tehnico-economice privind centralele electrice existente şi a proiectelor de centrale posibile, să se stabilească modul optim de dezvoltare a ansamblului centralelor din sistem într-o perioadă determinată, respectiv să se stabilească valorile necunoscutelor strategice (care din centralele posibile trebuie realizate) şi ale necunoscutelor tactice (cum trebuie să funcţioneze din punct de vedere economic categoriile de centrale existente şi cele noi). Rezolvarea acestui model matematic se face cu ajutorul unui calculator electronic. Rezultatele obţinute prin aplicarea modelului permit verificări în ceea ce priveşte concepţia de dezvoltare a centralelor electrice în perspectivă, precum şi abordarea unor probleme globale care practic nu pot fi atacate numai pe căile tradiţionale de comparare a variantelor.

Dezvoltarea reţelelor electrice

Reţelele electrice s-au dezvoltat avînd în vedere condiţia de bază de a se transporta sigur şi economic energia electrică de la locul de producere la locul de consum. Satisfacerea acestei condiţii în ţara noastră a condus, din motive economice, la utilizarea unor tensiuni de transport din ce în ce mai înalte. Astfel, în perioada 1950—1960 tensiunea de 110 kV a fost cea mai folosită în sistemul energetic. În deceniul următor (1960—1970) rolul reţelei de transport a fost luat de tensiunea de 220 kV, iar în acest an urmează a fi puse în funcţiune, pentru nevoi interne de transport, primele instalaţii la tensiunea de 400 kV, în parte prin trecerea la 400 kV a unor linii exploatate pînă în prezent la 220 kV (construite pentru un profil de 400 kV). Pentru export, tensiunea de 400 kV a apărut necesară încă din anul 1964, realizîndu-se interconexiunea cu sistemul energetic al Cehoslovaciei. Această tensiune se prevede a fi suficientă pentru deceniul 1970—1980, în prezent studiindu-se pentru o perspectivă mai largă oportunitatea şi momentul introducerii unei tensiuni superioare. Utilizarea economică a instalaţiilor a condus, de asemenea, la eliminarea unor tensiuni intermediare şi pătrunderea înaltei tensiuni direct în centrele de consum, corelat cu realizarea în centrele respective a unor transformări directe de la 110—220 kV la tensiunea medie de consum, în scheme electrice de conexiuni simplificate, tipizate ca construcţie şi folosind elemente prefabricate într-un procent din ce în ce mai mare.

În sfîrşit, în acelaşi scop se foloseşte pe scară din ce în ce mai largă, în limitele economicităţii, trecerea cu modificări minime a reţelelor de o anumită tensiune la o tensiune superioară. Această metodă, aplicată îndeosebi în reţelele de joasă tensiune (208/120 V la 380/220 V) şi medie tensiune (5 kV la 10 kV şi 15 kV la 20 kV), a dat rezultate deosebite.

Aplicarea condiţiei de siguranţă a condus la necesitatea realizării unor configuraţii buclate pentru reţelele de înaltă tensiune, cum sînt cele de 220 şi 400 kV, parţial cele de 110 kV şi cele de distribuţie de medie şi joasă tensiune, în special din mediul urban.

În această concepţie de reţea buclată, principalele centre de producţie şi consum de pe întreg teritoriul ţării sînt racordate în prezent la un inel de înaltă tensiune (220 kV—400 kV) sau la diagonalele acestuia.

Funcţionarea sigură a reţelelor electrice este strîns corelată cu criteriile de siguranţă impuse la dimensionarea şi funcţionarea centralelor. În cadrul acestor corelări, pentru reţelele electrice se aplică, în mod special, o serie de criterii specifice similare cu practica altor ţări.

Pentru alimentarea unei zone sau părţi deficitare din sistem, configuraţia din reţea se verifică atît la avaria simultană a două grupuri dintre cele mai mari din zona respectivă, cît şi la avaria unui grup suprapusă cu avaria cîte unuia dintre cele mai încărcate circuite care alimentează zona. Peste aceste avarii se consideră, după caz, şi concomitenţa posibilă de indisponibilitate a unor grupuri datorită reparaţiilor planificate.

Pentru evacuarea puterii dintr-o centrală sau grup de centrale amplasate în aceeaşi zonă a sistemului energetic, reţelele de evacuare trebuie să fie capabile să transporte toată puterea acestor centrale încărcate la plin, în cazul avarierii unuia dintre cele mai încărcate circuite.

Practica exploatării sistemelor energetice de la noi din ţară şi din alte ţări a arătat că trebuie să se aibă în vedere, pentru consumatori, şi posibilitatea extrem de rară, dar posibilă, a întreruperii totale a alimentării cu energie electrică din sistem. Pentru a face faţă acestor situaţii, la consumatorii pentru care întreruperea alimentării poate avea consecinţe grave asupra personalului sau a utilajului, se prevăd măsuri tehnologice de protecţie rapidă sau surse locale (baterii de acumulatoare, grupuri generatoare cu volant, motoare cu ardere internă cu demaraj foarte rapid, centrale proprii), care să intervină rapid în cazul întreruperii alimentării din sistem şi să asigure numai consumul receptoarelor vitale (care solicită, în general, puteri mici, de ordinul a zeci de kW pînă la cîteva sute de kW).

Pentru grupa de receptoare a căror întrerupere în alimentarea cu energie electrică pe o anumită durată provoacă dereglări şi întreruperi ale procesului tehnologic pe o perioadă ce depăşeşte durata întreruperii alimentării şi care totalizează de regulă puteri de ordinul 1—10 MW, se prevăd alimentări de la două surse ce pot funcţiona independent.

În cazul existenţei unei centrale electrice la consumator sau în apropierea consumatorului, se prevede o schemă de alimentare în care unele grupuri din centrală să poată fi separate de sistem, în caz de avarie, şi să alimenteze receptoarele care condiţionează reluarea rapidă a procesului tehnologic.

Pentru a putea beneficia de această alimentare de siguranţă, consumatorilor li s-a recomandat ca în reţeaua de distribuţie uzinală să existe posibilitatea ca receptoarele din categoria respectivă să poată fi alimentate, separat de restul consumatorilor, de la o bară denumită vitală.

În cadrul acestor recomandări pentru realizarea unui grad de siguranţă sporită în alimentarea consumatorilor, s-au avut în vedere şi alte indicaţii, cum ar fi cele legate de alegerea de către consumatori a unor sisteme de acţionare electrică şi, în general, a unor utilaje corespunzătoare care să nu fie sensibile la evenimentele ce au loc în mod curent în orice sistem energetic (variaţii de tensiune, scurtcircuite, supratensiuni). De asemenea, s-a recomandat ca schema de distribuţie a energiei electrice din interiorul combinatelor şi uzinelor, ca şi dispozitivele de protecţie şi de automatizări, să fie corelate cu schema generală de alimentare din sistem, atît din punctul de vedere arhitectonic, cît şi din cel al condiţiilor de funcţionare sigură.

În scopul stabilirii structurii optime a reţelelor electrice ale sistemului energetic au fost elaborate o serie de modele matematice și programe de calcul.

Astfel, pentru rețelele de transport există și se folosesc modele bazate pe programarea liniară și pe simulare. Variantele care au rezultat ca fiind mai interesante din aplicarea acestor modele se compară în continuare din punctul de vedere al comportării în funcționare a sistemului energetic cu ajutorul unor programe de calcul, din care rezultă circulațiile de puteri în diverse ipoteze de funcționare, condițiile de transport din punctul de vedere al nivelelor de tensiune, de stabilitate statică și dinamică etc.

Pentru rețelele de distribuție urbană, în practica curentă există un program bazat pe simulare, din care rezultă configurația optimă pentru o largă perspectivă.

Ca rezultat al acestei activități, dezvoltarea rețelelor electrice a cunoscut o evoluție rapidă, corelată cu cea a centralelor electrice și a consumului de energie electrică, ajungînd la valori importante de lungimi ale rețelelor (tabelul 5).

Tabelul 5

—km—

Tensiunea liniilor	1950	1960	1965	1970
400 kV	—	—	380	1 286
220 kV	—	—	685	1 868
110 kV	127	2 815	5 266	7 474
medie tensiune	..	..	34 053	53 279
joasă tensiune	..	..	46 214	79 987

Realizarea interconexiunilor internaționale

Dezvoltarea colaborării în domeniul energetic între țările socialiste a determinat în mod esențial nevoia unei cooperări în domeniul dezvoltării legăturilor de interconexiune între sistemele energetice ale acestor țări.

La realizarea interconexiunilor respective s-au avut în vedere o serie de criterii legate de funcționarea în paralel a sistemelor energetice ale mai multor țări privind valorificarea unor avantaje energetice de ordin tehnic și economic de funcționare, și anume :

— Valorificarea efectului nesimultaneității vîrfurilor de sarcină dintre sistemele energetice, care poate conduce la economii de puteri instalate în sistem sau la valorificarea unor schimburi de energie electrică între țări folosind această nesimultaneitate.

— Posibilitatea obținerii, în condiții de reciprocitate, a unor ajutoare de avarie în caz de indisponibilități de grupuri, peste cele prevăzute în sistemul energetic respectiv, sau obținerea măririi siguranței sistemelor energetice funcționînd în paralel în cadrul rezervelor de putere existente în fiecare țară.

— Folosirea rațională a unor disponibilități temporare libere, de energie electrică, oferite de o țară în anumite perioade ale anului, ale unei săptămîni sau zile.

— Posibilitatea unor schimburi suplimentare de energie planificate, fie de vînzare-cumpărare, fie de tranzit.

— Mărirea siguranței în funcționare a unor zone de rețele apropiate de rețeaua de interconexiune.

Legăturile de 400 kV Luduș—Mukacevo—Lemesany între sistemele energetice ale României și Cehoslovaciei și cele de 220 kV între sistemele energetice ale României și Bulgariei au constituit primele linii de interconexiune de mare capacitate, care au avut în vedere întregul complex de valorificare a unei cooperări între sistemele energetice ale mai multor țări.

În scopul asigurării unei a doua alimentări a zonei Timișoara și a celei corespunzătoare din Iugoslavia, a fost realizată linia de 110 kV Kikinda—Timișoara, între România și Iugoslavia. De altfel, între sistemele energetice român și iugoslav urmează a se realiza în curînd legătura de 400 kV Porțile de Fier—Djerdap, prin care se va putea colabora pentru acordarea de ajutor reciproc în cazuri de avarie, schimburi de energie etc.

Pregătirea funcționării sistemului energetic încă din faza de concepție

Pentru asigurarea funcționării în bune condiții a sistemului energetic național au fost elaborate și se utilizează o serie de programe de calcul care permit evaluarea stării sistemului în regimuri normale și de avarie.

Astfel, programele de circulație de puteri, cuplate cu programele de stabilitate statică și dinamică, permit aprecierea comportării sistemului în cazul apariției unor avarii.

Pentru faza de concepție a sistemului, se consideră că, în regimurile normale de funcționare, rezerva de stabilitate trebuie să fie de 15—20%, astfel încît la un regim de după avarie (una dintre artere deconectată) rezerva de stabilitate să fie de cel puțin 8%. Din punctul de vedere al stabilității dinamice, dimensionarea pentru regimuri normale de funcționare se face la scurtcircuite bifazate cu pămînt, în care caz trebuie să se asigure funcționarea stabilă a sistemului. Pentru regimurile de după avarie dimensionarea se face pentru scurtcircuite monofazate. Din analiza acestor regimuri dinamice rezultă condițiile care se impun protecției prin relee și automatizărilor de sistem, în vederea asigurării funcționării stabile a sistemului.

Aceste condiții se referă la caracteristicile $R-X$ și la timpul de blocaj la pendulații ale protecției de distanță, la necesitatea canalelor de înaltă frecvență pentru separarea rapidă, simultan de la ambele capete, a defectelor pe linii, și la automatica de evitare a extinderii avariilor în regimuri instabile (delestări, declanşări de generatoare, debuclări ale reţelei de ransport etc.).

Condiţiile de alimentare cu energie electrică a marilor consumatori industriali formează obiectul unor studii de detaliu cu referire la gradul de siguranţă pe care îl oferă schemele de alimentare examinate, ţinînd seama de caracteristicile consumatorului respectiv, de tipul receptoarelor şi de sensibilitatea lor la variaţiile de tensiune şi frecvenţă. Aceste studii au la bază şi rezultatele unor probe pe viu prin care s-au simulat diverse perturbaţii în reţeaua locală de 110 şi 220 kV, comparîndu-se rezultatele de calcul cu cele obţinute prin înregistrări, în acest mod rezultînd măsuri eficiente de mărire a continuităţii în funcţionarea receptoarelor (în principal motoare sincrone şi asincrone) care condiţionează desfăşurarea procesului tehnologic respectiv.

Pentru aprecierea consecinţelor unor comutaţii în sistem sau ale loviturilor de trăsnet în perioada de keraunicitate ridicată, se efectuează calcule de supratensiuni în vederea stabilirii nivelului de solicitare şi a măsurilor necesare pentru protecţia izolaţiei.

Astfel, prin alegerea unor scheme de protecţie corespunzătoare pentru reţeaua de 220 şi 400 kV, la care se asigură un nivel de protecţie de 2,8, respectiv 2,5 U_f a fost posibilă dimensionarea izolaţiei în mod mai economic.

În ceea ce priveşte efectul curenţilor de scurtcircuit, se practică dimensionarea tuturor instalaţiilor la un anumit plafon-limită, ales pentru a satisface atît necesităţile actuale, cît şi pe cele de perspectivă (tabelul 6).

Tabelul 6

Tensiunea, kV	Puterea de scurtcircuit plafon, MVA
400	20 000
220	7 500—12 000
110	3 000— 6 000

În scopul conducerii şi coordonării permanente a funcţionării sistemului energetic naţional, în condiţii de înaltă siguranţă, la parametrii nominali şi cu economicitate maximă, în anul 1968 a fost pus în funcţiune noul centru de comandă al Dispecerului energetic naţional. Dotarea tehnică a aecstuia s-a bazat pe organizarea fluxului informaţional necesar la diferite trepte de comandă prin dispecer, realizîndu-se o reţea complexă de teletransmisii şi un centru de calcul electronic pentru stabilirea regimurilor de funcţionare a sistemului energetic.

Dezvoltarea în perspectivă a conducerii prin dispecer, ca urmare a studiilor efectuate, a condus la necesitatea apariţiei unor centre de dispecer teritorial, aceste două trepte urmînd să rezolve problemele majore ale producţiei şi transportului energiei electrice în sistem, precum şi schimburile internaţionale.

Necesităţile funcţionale ale centrelor de dispecer naţional şi teritorial, precum şi volumul informaţional rezultat pretind dotarea acestora cu mijloace moderne de prelucrare şi vizualizare a informaţiilor. La dispecerul naţional, complexitatea funcţiunilor prevăzute (optimizarea în timp real a repartiţiei sarcinii, reglaj frecvenţă-putere de schimb, controlul siguranţei sistemului, calculele de prognoză şi statistică a regimurilor) conduce la necesitatea unui complex de calculatoare cu funcţiuni *on* şi *off-line*, cu posibilităţi de vizualizare pe ecrane grafice a informaţiilor sintetizate.

Transmisia întregului volum informaţional între obiectivele energetice şi centrele de comandă urmează a se realiza printr-o vastă reţea de teletransmisiuni, într-o structură modificată faţă de cea actuală.

Sînt în curs de elaborare studii privind organizarea şi dotarea tehnică a centrelor de dispecer pentru problemele de distribuţie a energiei electrice.

În scopul realizării întregului program de calcule pentru optimizarea structurii şi funcţionării sistemului energetic, unităţile de studii şi proiectare au fost dotate cu calculatoare, organizîndu-se în cadrul MEE un centru de calcul. Acest centru este dotat cu calculatoare analogice şi cifrice, iar în prezent este în curs de instalare un calculator cifric de tip IRIS—50. În cadrul actualului centru de calcul se rezolvă atît probleme tehnico-ştiinţifice, cît şi probleme de gestiune ale Ministerului Energiei Electrice şi ale unităţilor sale.

Perspectiva de dezvoltare a sistemului energetic

Corespunzător preliminărilor care se fac în prezent, ritmul de dezvoltare a electrificării ţării noastre în perioadele următoare va fi rapid, deşi mai puţin accentuat decît cel realizat în ultimii 20 de ani. Astfel, se prevede ca în 1975 producţia de energie electrică să ajungă la circa 59 TWh, iar pentru anul 1980 se prelimină o producţie de peste 85 TWh ; în acelaşi timp, puterea instalată a centralelor electrice pe ansamblul sistemului energetic se prevede să fie de peste 13 000 MW în anul 1975, iar în anul 1980 se prelimină o putere instalată de aproximativ 21 000 MW.

Puterea nou instalată va fi obţinută în principal prin realizarea de centrale electrice de putere mare. Ca puteri unitare se prevăd, cu preponderenţă, în centralele termoelectrice, grupuri de 330 MW, avîndu-se în vedere şi unităţi mai mari. Corespunzător orientării în valorificarea resurselor de energie primară pentru producerea energiei electrice şi a căldurii (în termoficare), se va apela în continuare la rezervele de cărbune (lignit), la amenajarea resurselor hidroenergetice, la dezvoltarea corespunzătoare a termoficării industriale şi urbane, precum şi la energia nucleară. În acest sens, în etapele viitoare se prevede realizarea primelor centrale nuclearoelectrice. Pentru construcţia unei prime centrale de 440 MW s-a încheiat un acord de colaborare cu U.R.S.S., urmînd ca în viitor să se ia decizii pentru alte centrale.

În paralel se vor dezvolta reţelele electrice de transport şi distribuţie. Se apreciază că tensiunea de 400 kV va fi suficientă pînă în anul 1980, pentru a satisface cerinţele de transport în cadrul sistemului energetic. În acelaşi timp se va acorda o atenţie deosebită cooperării internaţionale prin dezvoltarea interconexiunilor între sisteme.

În consecinţă, problemele privind dezvoltarea sistemului energetic îşi vor mări şi mai mult gradul de complexitate. fiind necesară o permanentă adîncire şi perfecţionare a metodelor de informare şi de stabilire a soluţiilor optime pentru instalaţiile de producere, transport şi distribuţie a energiei electrice.

Precizările şi adaptările viitoare privind concepţia dezvoltării sistemului energetic vor urmări, ca şi pînă acum, o cît mai raţională şi eficientă utilizare a resurselor energetice ale ţării, adoptarea unor soluţii pentru obiectivele energetice corespunzătoare optimului economic pe ansamblul ramurii energiei electrice, ţinînd seama de siguranţa în funcţionare a sistemului energetic şi a elementelor sale componente.

DEZVOLTAREA TERMOFICĂRII ÎN ROMÂNIA

Prof. ing. I. D. Stăncescu
Ing. A. Mişu
Ing. M. Voinea *)

Introducere

Începută în cadrul primului plan de electrificare a ţării sub forma unor instalaţii de termoficare industrială, producerea combinată de energie electrică şi căldură şi distribuţia centralizată a acestora a cunoscut, începînd din jurul anului 1960, o dezvoltare impetuoasă, atît în domeniul industrial, cît şi în cel urban. Ea a fost determinată de apariţia unei baze de consum termic în rapidă creştere, sub formă de necesar de căldură tehnologic al diferitelor industrii, precum şi sub formă de necesar urban determinat de amplul program de construcţii de locuinţe din întreaga ţară.

Termoficarea a reprezentat şi reprezintă pentru România una dintre direcţiile principale de dezvoltare a energeticii, deoarece, prin îmbinarea proceselor de producere a energiei electrice şi a căldurii într-o instalaţie comună, centrala de termoficare, se realizează un randament de ansamblu superior randamentelor care s-ar putea realiza în procese separate. Termoficarea conduce la realizarea a două importante obiective :

— se obţine o însemnată economie de combustibil faţă de producerea separată a energiei electrice în centrale cu condensaţie şi a căldurii în centrale termice sau instalaţii individuale de încălzire în clădiri ;

— se livrează căldura printr-un sistem centralizat, superior unui sistem individual în privinţa continuităţii, economicităţii, confortului şi respectării limitelor de poluare a atmosferei.

Caracteristicile dezvoltării termoficării în România

Importanţa dezvoltării termoficării în România rezultă din numărul mare de instalaţii realizate şi din ponderea pe care centralele de termoficare o au în ansamblul puterii electrice instalate. În prezent există 19 sisteme de termoficare urbană, alimentate din 22 centrale electrice de termoficare (CET), precum şi din peste 80 CET cu profil industrial. Centrele în care se găsesc aceste instalaţii sînt prezentate în figura 1.

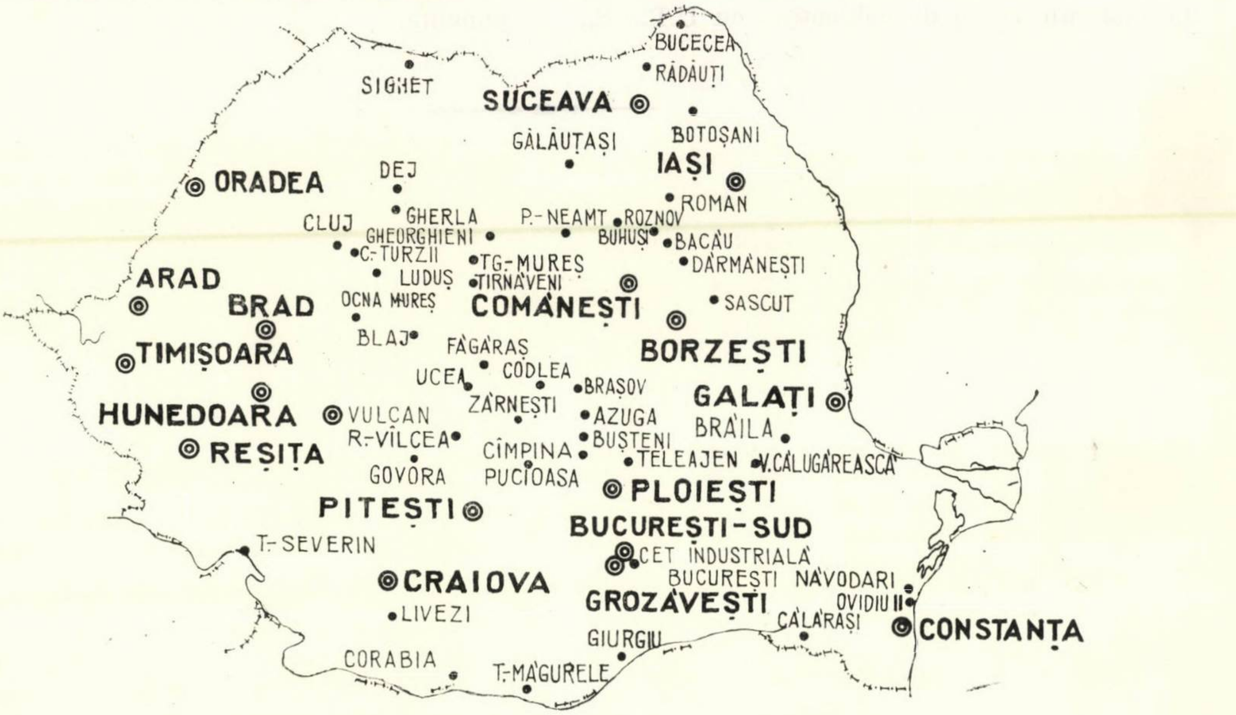

BUCECEA
RĂDĂUŢI
SIGHET
SUCEAVA
GĂLĂUŢAŞI
BOTOŞANI
IAŞI
ORADEA
DEJ
ROMAN
CLUJ
GHERLA
GHEORGHIENI
P.-NEAMŢ
ROZNOV
BUHUŞI
BACĂU
C.-TURZII
TG.-MUREŞ
DĂRMĂNEŞTI
ARAD
LUDUŞ
TÎRNĂVENI
BRAD
OCNA MUREŞ
COMĂNEŞTI
SASCUT
BLAJ
TIMIŞOARA
FĂGĂRAŞ
BORZEŞTI
UCEA
CODLEA
BRAŞOV
HUNEDOARA
VULCAN
ZĂRNEŞTI
AZUGA
GALAŢI
R.-VÎLCEA
BUŞTENI
BRĂILA
REŞIŢA
CÎMPINA
TELEAJEN
V.CĂLUGĂREASCĂ
GOVORA
PUCIOASA
PLOIEŞTI
PITEŞTI
BUCUREŞTI-SUD
T.-SEVERIN
CET INDUSTRIALĂ BUCUREŞTI
NĂVODARI
CRAIOVA
GROZĂVEŞTI
OVIDIU II
LIVEZI
CĂLĂRAŞI
CONSTANŢA
GIURGIU
CORABIA
T.-MĂGURELE

Fig. 1. Centrele în care sînt instalate sisteme de termoficare.

Ponderea centralelor de termoficare în cadrul sistemului energetic poate fi urmărită în figura 2, care indică evoluţia puterii instalate în România în intervalul 1960—1970, precum şi structura acestei puteri.

Valoric, la finele anului 1970 puterea instalată în centralele termoelectrice cu abur (cu condensație și de termoficare) era de 6140 MW, ceea ce reprezintă 84% din totalul puterii instalate. Puterea centralelor de termoficare a atins 2200 MW în 1970, față de numai 400 MW în 1960, ceea ce reprezintă circa 35,5% din puterea instalată în centralele termoelectrice cu abur și 29,5% din puterea totală instalată în România. Energia electrică produsă în centralele de termoficare a reprezentat în 1970 circa 12 TWh, adică circa 34,5% din energia totală produsă în România, sau 37% din energia produsă din combustibili. Ritmul mediu anual de creștere a puterii instalate în termoficare a fost de 15,5%, iar a energiei electrice produse de 26%, ceea ce indică o intensă utilizare a puterii instalate în CET.

---

*) Ioan D. Stăncescu este profesor la Institutul politehnic Bucureşti, consilier al ministrului învăţămîntului, membru al Colegiului Ministerului Energiei Electrice; Alexandru Mişu este şef de serviciu în Ministerul Energiei Electrice; Mircea Voinea este consilier la Institutul de studii şi proiectări energetice.

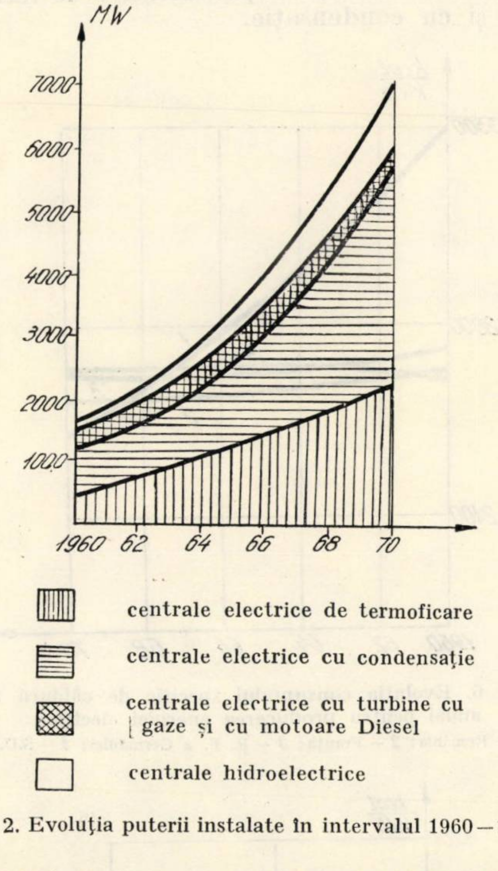


Fig. 2. Evoluția puterii instalate în intervalul 1960–1970.

Această dezvoltare a instalațiilor de termoficare s-a bazat pe creșterea consumului de căldură determinat de noile unități industriale mari consumatoare de căldură și de ansamblurile de locuințe construite. În figura 3 este reprezentată creșterea consumului de căldură acoperit prin termoficare.

În privința consumului de căldură este interesant de relevat că inițial a fost prevăzută o creștere a consumului de căldură, care urma să fie acoperit din centralele electrice de termoficare publice (ale Ministerului Energiei Electrice) și industriale (ale autoproducătorilor), de la 8,5 milioane Gcal/an în 1960 la 35 milioane Gcal/an în 1970. Această creștere corespunde unui ritm mediu anual de circa 15,1%. Realizările au prezentat însă o importantă depășire a valorii estimate. Încă în 1969 s-au livrat 39,3 milioane Gcal, în anul 1970 livrîndu-se 42 milioane Gcal. În aceste condiții ritmul mediu de creștere a consumului anual de căldură în perioada 1960–1970 a fost de 17,3%.

Consumul maxim orar de căldură pentru încălzire, ventilare și apă caldă, preliminat a ajunge la circa 3100 Gcal/h în 1970, a atins în realitate 5300 Gcal/h în cele 19 sisteme de termoficare publice din România.

Pentru transportul și distribuția căldurii în sistemele de termoficare urbane și industriale au fost proiectate și construite importante rețele de transport și distribuție, care au atins o lungime totală de circa 600 km (din care circa 450 km rețele urbane), diametrele maxime crescînd mereu și atingînd valoarea

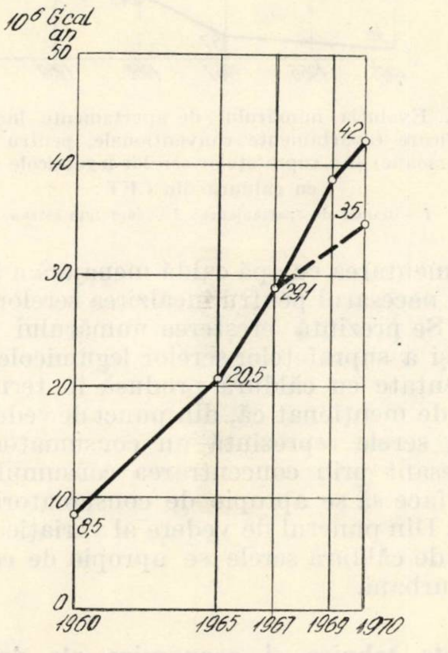


Fig. 3. Dezvoltarea consumului de căldură acoperit prin termoficare.

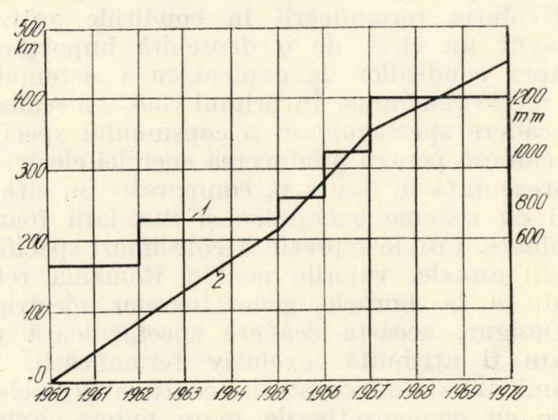


Fig. 4. Evoluția lungimii rețelelor de termoficare și a diametrului maxim al conductelor:

1 – diametrul maxim, mm; *2* – lungimea rețelelor urbane, km.

de 1200 mm. Evoluția lungimii rețelelor și a diametrului maxim este prezentată în figura 4.

Figura 5 ilustrează dezvoltarea necesarului de căldură a două categorii importante de consum: necesarul pentru încălzirea, ventilația și alimentarea cu apă caldă menajeră a locuințelor și necesarul pentru încălzirea serelor legumicole. Se prezintă creșterea numărului de locuințe și a suprafețelor serelor legumicole, ambele alimentate cu căldură produsă în termoficare. Este de menționat că, din punct de vedere energetic, serele reprezintă un consumator foarte interesant prin concentrarea consumului, ceea ce le face să se apropie de consumatorii industriali. Din punctul de vedere al variației necesarului de căldură serele se apropie de consumatorii urbani.

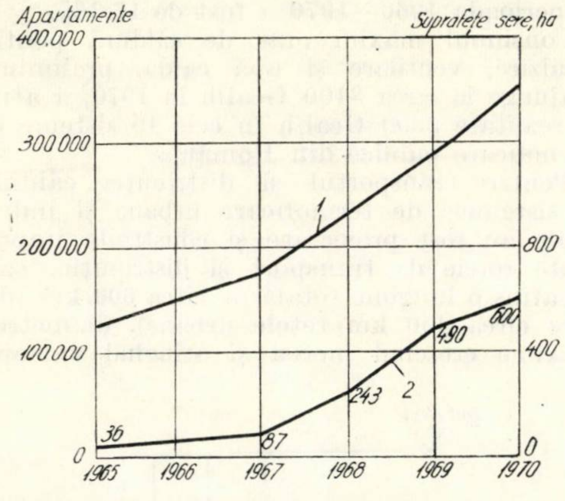


Fig. 5. Evoluția numărului de apartamente încălzite prin termoficare (apartamente convenționale, pentru familii de trei persoane) și a suprafețelor serelor legumicole alimentate cu căldură din CET:

1 — număr de apartamente; *2* — suprafața serelor, ha.

Aspecte tehnice și economice ale dezvoltării termoficării

Evoluția termoficării în condițiile arătate a avut un efect de o deosebită importanță asupra condițiilor de exploatare a sistemului energetic românesc. În primul rînd, s-a realizat o scădere spectaculoasă a consumului specific de căldură pentru producerea energiei electrice, reprezentată în figura 6, comparativ cu cîteva țări cu sisteme energetice și instalații foarte evoluate. Cifrele reprezintă consumuri specifice medii anuale, valorile pentru România referindu-se la bornele generatoarelor electrice.

Desigur, această scădere spectaculoasă nu poate fi atribuită exclusiv termoficării. În ultimii ani au fost construite centrale termoelectrice cu condensație de mare putere, avînd instalate grupuri de 200 și 315 MW. Totuși, partea preponderentă a reducerii consumului specific se datorează producerii unei mari cantități de energie electrică în marile centrale de termoficare.

Ilustrarea comparativă a consumurilor specifice medii realizate în România este făcută în figura 7, care reprezintă evoluția acestui indicator în centrale reprezentative de termoficare și cu condensație.

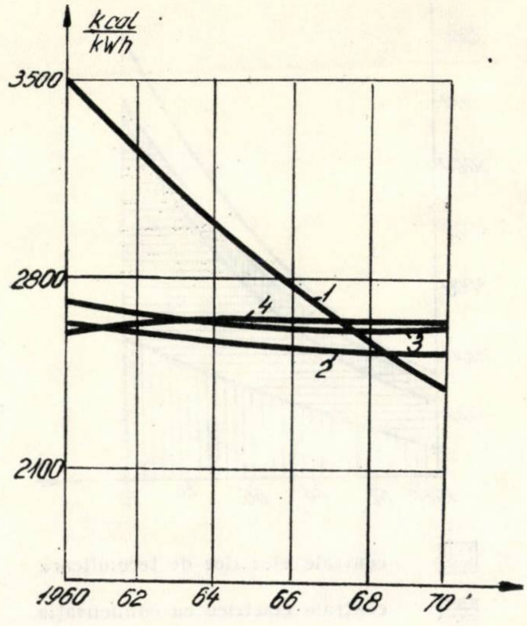


Fig. 6. Evoluția consumului specific de căldură mediu anual pentru producerea energiei electrice:

1 — România; *2* — Franța; *3* — R. F. a Germaniei; *4* — S.U.A.

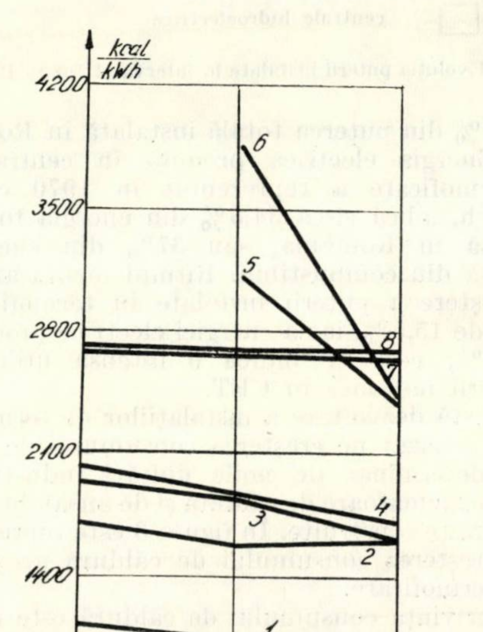


Fig. 7. Consumuri specifice de căldură medii anuale pentru producerea energiei electrice în cîteva centrale de termoficare și cu condensație:

1...4 — centrale de termoficare; *5...8* — centrale cu condensație.

În centralele de termoficare pe gaze şi păcură s-au realizat valori ale consumului specific de căldură cuprinse între 1064 kcal/kWh la centrale cu grupuri cu contrapresiune şi 1610—1820 kcal/kWh la centrale cu grupuri cu condensaţie şi prize, faţă de valori de 2380 kcal/kWh în centrale cu grupuri cu condensaţie de 200 MW, ceea ce reprezintă o economie de 770—1316 kcal/kWh. Consumurile specifice de căldură medii anuale realizate în centralele electrice de termoficare ar fi avut valori mai reduse decît cele realizate dacă, din motive de balanţă a puterilor electrice, nu se impunea necesitatea producerii în regim de condensaţie a unei mari cantităţi de energie electrică.

Optimizarea sistemelor de termoficare, în vederea reducerii preţului de cost al căldurii şi energiei electrice produse combinat, s-a făcut pe baza următoarelor concepţii mai importante :

— Utilizarea cazanelor de apă fierbinte de 50 şi 100 Gcal/h, instalate în centralele de termoficare pentru acoperirea vîrfului de consum de căldură pentru încălzire, capacităţile respective nemaifiind instalate în cazanele de abur energetic costisitoare, ci în cazane de apă fierbinte ieftine. Pentru viitor se va lua în considerare construirea unor cazane de apă fierbinte de 200 Gcal/h. Cazanele de apă fierbinte pot constitui şi o rezervă pentru acoperirea parţială a sarcinii termice de bază, în caz de avarie a cazanelor energetice.

— Adoptarea unor coeficienţi orari de termoficare cu valori de 0,38—0,40, mai reduse decît valoarea de 0,50 adoptată în trecut. Aceasta înseamnă că numai 38—40% din consumul orar maxim este prevăzut să se acopere cu abur destins în turbine, restul de 60—62% fiind acoperit din cazane de apă fierbinte. În figura 8 este redată o curbă clasată tipică a sarcinii termice anuale, din care reiese acoperirea cu instalaţii de vîrf şi de bază. Rezultă că, totuşi, 85% din căldura livrată anual este dată prin abur destins în turbine în cursul anului.

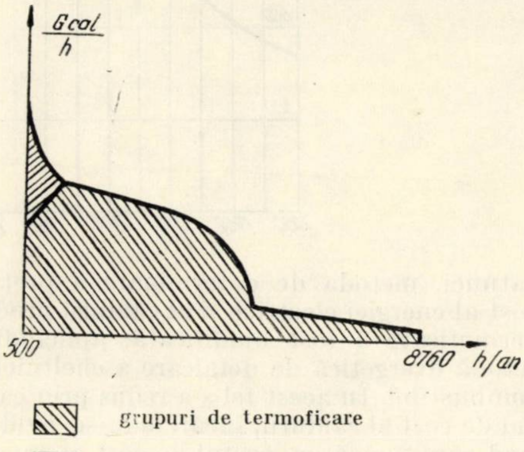


Fig. 8. Încadrarea în curba clasată anuală a grupurilor de termoficare și a cazanelor de apă fierbinte de vîrf.

— Adoptarea de grupuri turbogeneratoare şi cazane de abur de puteri şi parametri comparabili cu cei din centralele mari cu condensaţie, din punctul de vedere al preţului de cost şi al consumului specific.

Astfel, pe lîngă grupurile existente de 50 şi 100 MW, se vor instala grupuri de termoficare urbană de 125 MW din import, cu supraîncălzire intermediară şi, începînd cu 1974, un grup de fabricaţie românească de 160 MW, cu condensaţie şi priză şi cu supraîncălzire intermediară, avînd parametrii 196 at şi 540/540°C. Grupul este astfel conceput, încît poate livra în regim de termoficare circa 200 Gcal/h, producînd o putere electrică de circa 120 MW. În pură condensaţie grupul livrează 160 MW.

— Pomparea apei în sistemul de termoficare se efectuează în două trepte. Pentru reducerea energiei de pompare, au fost introduse cuple hidraulice la pompele de circulaţie.

— Schemele reţelelor de termoficare realizate sînt în majoritate de concepţie radială, cu bretele de ajutor. Sistemele constructive sînt simple şi uşoare, prezentînd indici avantajoşi de investiţie şi exploatare. Multe scheme de puncte termice sînt de tip direct, oferind atît investiţii, cît şi cheltuieli de exploatare minime.

Aspecte specifice ale termoficării urbane

În tabelul 1 sînt concentrate datele caracteristice pentru anul 1970 ale sistemelor de termoficare urbană din România.

Cele 19 sisteme de termoficare urbană au însemnat în anul 1970 o sarcină termică maximă orară de calcul de circa 5300 Gcal/h (sarcina maximă de calcul este determinată pentru temperatura exterioară minimă convenţională, care pentru Bucureşti este de —16°C, iar pentru alte oraşe variază între —12°C şi —18°C). Centrul cu sarcina termică cea mai mare este Bucureştiul, cu circa 2150 Gcal/h.

Lungimea totală a reţelelor de termoficare avînd ca agent apă fierbinte este de 448 km. Numărul total de puncte termice de predare a căldurii este de 1290, dintre care circa 480 sînt cu schemă de racordare directă cu elevator sau pompe de amestec, restul fiind echipate cu schimbătoare.

Economia de combustibil realizată prin termoficare şi preţul căldurii produse

Efectul energetic principal al termoficării, la nivelul economiei naţionale, a fost realizarea unei importante economii de combustibil, în comparaţie cu instalaţiile de producere separată. În 1970, pentru toate sistemele de termoficare din ţară economia de combustibil a atins

Tabelul 1

Datele caracteristice ale sistemelor de termoficare urbană din România

Centrul	Necesar maxim orar, Gcal/h				Lungimea traseului de rețele, km			Număr de puncte termice		
	urban	sere	industrial	total	rețele de transport	de la punct termic la consumatori urbani	total	centralizate	cu elevator	total
ARAD	53,00	104,00	33,00	190,00	14,50	5,90	20,40	33	1	34
BRAȘOV	6,00	—	42,00	48,00	5,10	0,70	5,80	—	—	8
BRAD-GURA BARZA	20,30	—	2,70	23,00	9,00	2,20	11,20	—	—	11
BUCUREȘTI	1068,00	616,00	465,00	2149,00	158,80	118,70	277,50	350	350	700
COMĂNEȘTI	6,00	—	9,00	15,00	2,50	0,70	3,20	1	—	1
CONSTANȚA	33,40	—	49,00	82,40	9,00	3,70	12,70	12	—	12
CRAIOVA	—	246,00	56,00	302,00	11,00	—	11,00	3	—	3
GALAȚI	162,00	—	181,00	343,00	18,80	18,00	36,80	19	31	50
GH. GHEORGHIU-DEJ	69,00	—	7,00	76,00	23,00	7,20	30,20	43	1	44
HUNEDOARA	128,00	—	70,00	198,00	5,90	14,20	20,10	15	7	22
IAȘI	220,00	122,00	—	342,00	24,00	24,40	48,40	60	9	69
MOTRU	27,80	—	7,40	35,20	22,30	3,90	26,20	16	11	27
ORADEA	98,30	183,00	21,00	302,30	38,80	11,00	49,80	58	26	84
PITEȘTI	159,80	—	26,20	186,00	26,20	17,80	44,00	58	6	64
PLOIEȘTI	84,50	558,00	3,00	645,50	32,60	9,40	42,00	29	2	31
REȘIȚA	56,00	—	25,80	82,60	11,00	6,30	17,30	20	14	34
SUCEAVA	78,60	—	47,00	125,60	17,80	8,80	26,60	37	1	38
TIMIȘOARA	88,00	—	11,00	99,00	14,40	9,80	24,20	28	19	47
VULCAN	37,00	—	11,00	48,00	3,50	4,10	7,60	8	—	8
TOTAL	2396,50	1829,00	1067,10	5292,60	448,20	266,80	715,00	790	478	1287

cifra de 2,5 milioane tone combustibil convențional.

Pentru sistemele de termoficare publice ale Ministerului Energiei Electrice au fost efectuate studii foarte detaliate pentru determinarea analitică a eficienței economice a sistemelor alimentate din CET publice, în special pentru economia de combustibil realizată față de producerea separată a celor două forme de energie. S-a considerat util ca această determinare să se facă cu maximum de prudență în următoarele privințe:

— consumul de combustibil pentru producerea energiei electrice suplimentare în părțile de condensație ale grupurilor de termoficare cu condensație și prize reglabile s-a comparat cu consumul de combustibil în cazul producerii aceleiași energii în grupuri cu condensație de puteri mari;

— căldura echivalentă care ar fi trebuit produsă separat în centrale termice s-a considerat că s-ar fi putut produce cu randamentele cele mai bune posibile.

Chiar în aceste condiții extreme, economia de combustibil realizată în CET publice atinge în ansamblu o valoare de 20% din consumul prin producere separată, în unele centre valorile respective fiind cuprinse între 30 și 40%.

În figura 9 este prezentată grafic dezvoltarea economiei de combustibil în centralele de termoficare publice, calculată în condițiile expuse mai sus.

În ceea ce privește prețul de cost al căldurii produse în termoficare, acesta reprezintă unul dintre indicatorii cei mai importanți care determină eficiența economică a termoficării.

Pînă în 1968, prețul de cost al căldurii și al energiei electrice produse în CET s-a calculat după metoda fizică de defalcare a cheltuielilor.

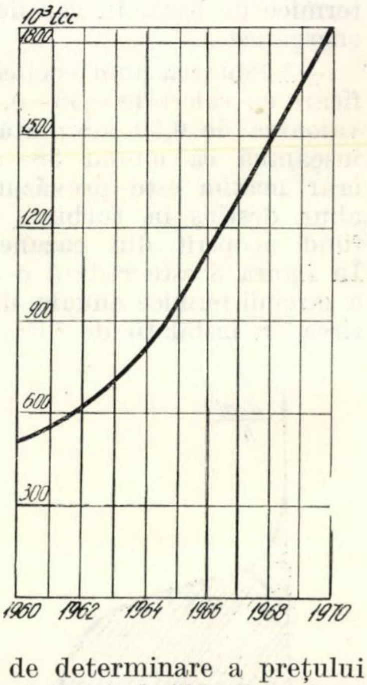


Fig. 9. Economia de combustibil în sistemele de termoficare publice.

De atunci, metoda de determinare a prețului de cost al energiei electrice și al căldurii produse în termoficare a fost modificată, aplicîndu-se o metodă exergetică de defalcare a cheltuielilor de combustibil. În acest fel s-a redus prin calcul prețul de cost al căldurii, încărcîndu-se, evident, în mod corespunzător, prețul de cost al energiei electrice.

Față de nivelul pe care îl poate atinge prețul de cost al căldurii în cazul centralelor termice, valorile în cazul centralelor de termoficare sînt mai reduse, reflectînd și în acest fel economicitatea producerii căldurii prin termoficare.

Prețul de cost al producerii energiei electrice în centrale electrice de termoficare prezintă o evoluție caracterizată, de asemenea, de o reducere în timp. Modificarea metodei de calcul a avut ca urmare majorarea prețului de cost al producerii energiei electrice în toate cazurile. Valorile se înscriu într-o plajă largă, cu precizarea că cifrele respective, ca, de altfel, și cele pentru căldură, suferă influențe impuse de tipul agregatelor, nivelul parametrilor și combustibilul folosit.

Elementele care caracterizează prețurile de vînzare a căldurii în România sînt următoarele :

— Includerea consumatorilor urbani și industriali alimentați cu agent termic apă fierbinte în aceeași categorie, cu tarif monom. Valoarea se consideră la locul de consum, incluzînd producerea, transportul și distribuția căldurii.

— Consumatorilor agricoli (complexe de sere legumicole) li se aplică un tarif monom.

— Consumul de căldură sub formă de abur se tarifează pe bază de tarif binom, diferențiat pe patru nivele de presiuni (determinate în funcție de structura acestui consum și de ponderea fiecărei trepte în cerința totală). Taxa lunară fixă pentru 1 Gcal debit maxim absorbit este comună pentru toate categoriile, iar prețul căldurii variază.

Sisteme de termoficare caracteristice

Pentru ilustrarea nivelului atins de sistemele de termoficare din România, se vor prezenta sintetic trei din cele mai importante exemple.

Sistemul de termoficare din București

Acest sistem, cu caracter preponderent urban, este alimentat din mai multe centrale cu o putere electrică totală de peste 425 MW și cu un debit termic de vîrf instalat suplimentar în cazane de apă fierbinte de 1400 Gcal/h. Debitul maxim orar de căldură livrată sub formă de apă fierbinte în iarna 1970—1971 a fost preliminat la circa 2100 Gcal/h, iar cel sub formă de abur la circa 400 t/h. Rețelele de termoficare însumează o lungime totală de 172 km, alimentînd consumatori la o distanță maximă de 10 km. Diametrul maxim al conductelor de apă fierbinte este de 1200 mm.

Dintre consumatori, ponderea cea mai mare o dețin cei urbani, la care se adaugă și consumatori industriali solicitînd căldură atît sub formă de apă fierbinte, cît și sub formă de abur. Sînt alimentate, de asemenea, și importante complexe de sere legumicole, cu o sarcină maximă orară de 550 Gcal/h.

La finele perioadei 1971—1975 se prelimină o sarcină maximă orară de termoficare de circa 4000 Gcal/h și se prevede a se instala o putere nouă în termoficare de circa 500 MW.

Sistemul de termoficare Brazi—Ploiești

Acest sistem constituie un exemplu tipic de sistem mixt industrial și urban, fiind alimentat în prezent cu căldură dintr-o centrală cu o putere instalată de circa 225 MW și cu un debit de căldură disponibil de circa 650 Gcal/h sub formă de apă fierbinte și de circa 800 t/h sub formă de abur.

În intervalul 1967—1970 sistemul de termoficare Brazi—Ploiești a avut o importantă dezvoltare în special datorită alimentării cu căldură a orașului prin realizarea magistralei 5 cu 2 × Dn 900 mm, precum și datorită unor mari complexe de sere cu o suprafață de circa 150 hectare și cu o sarcină maximă orară de circa 410 Gcal/h, prin intermediul magistralei 6 cu 2 × Dn 900 mm.

Ca urmare a acestor creșteri de consum de căldură deosebit de importante, CET Brazi urmează a fi extinsă în etapa imediat următoare cu șase cazane de apă fierbinte de 100 Gcal/h, iar în continuare va primi două grupuri de termoficare urbană de 105 MW și un grup cu contrapresiune de 50 MW. Astfel, centrala va avea o putere instalată de termoficare de circa 460 MW, fiind una dintre cele mai importante centrale de termoficare în România. Se menționează că, din motive electrice și de instalare de plus de putere electrică cu indici economici foarte avantajoși, în CET Brazi sînt în curs de instalare și două grupuri de condensație de 200 MW.

Sistemul de termoficare Borzești — Orașul Gh. Gheorghiu-Dej

Avînd un caracter preponderent industrial, acest sistem este alimentat de o centrală de termoficare cu o putere electrică de 235 MW și un debit termic instalat în cazane de apă fierbinte de 200 Gcal/h. În anul 1969 CET Borzești a livrat un debit maxim orar de abur de circa 900 t/h consumatorilor industriali și un debit maxim orar de aproximativ 130 Gcal/h pentru încălzire.

Sistemul de termoficare include platforma industrială Borzești și Orașul Gh. Gheorghiu-Dej.

Rețelele de abur, puternic dezvoltate, însumează o lungime totală de 19,2 km, cu un diametru de 600 mm, transportînd abur la o distanță maximă de 2,8 km. Rețelele de apă fierbinte ce alimentează și platforma industrială și orașul însumează 20 km la o distanță maximă de transport de 7,5 km și un diametru maxim de 600 mm.

Evoluţia în perspectivă a termoficării în România

Rezultatele favorabile la care s-a ajuns atît din punctul de vedere al nivelului tehnic şi al volumului instalaţiilor, cît şi din punct de vedere economic, reprezintă numai un stadiu intermediar în dezvoltarea termoficării. Evoluţia în continuare cu ritmuri ridicate a producţiei industriale şi a construcţiilor de locuinţe va conduce la creşteri importante ale necesarului de căldură şi de energie electrică, oferind premise favorabile dezvoltării în continuare a producţiei combinate de energie electrică şi căldură.

Puterea preliminată a fi instalată în centrale de termoficare pînă în 1975 este de 1800 MW, din care 1650 MW în centrale de termoficare publice, iar între 1975 şi 1980 urmează a creşte cu 1400, respectiv 1250 MW. Căldura livrată în 1975 din centralele de termoficare este preliminată la circa 57 mil. Gcal, iar în 1980 la circa 75 mil. Gcal.

Din acestea, centralele de termoficare publice vor livra în 1975 circa 34 mil. Gcal, iar în 1980 circa 50 mil. Gcal.

Această evoluţie va fi sprijinită de posibilitatea de a dispune de echipamente cu performanţe ridicate, în fabricaţie sau în curs de asimilare de către industria constructoare de maşini, în special grupurile de 160 MW cu fupraîncălzire intermediară şi cazanele de apă sierbinte de 200 Gcal/h. Se va căuta, de asemenea, să se introducă pe scară cît mai largă metode moderne de realizare a reţelelor de termoficare şi se va completa treptat automatizarea sistemelor de termoficare la toate nivelele.

Concluzii

Din cele prezentate reiese că termoficarea a cunoscut în România un ritm ridicat de dezvoltare şi ocupă o pondere importantă în energetica ţării. Ca factori principali care au contribuit la această dezvoltare se relevă :

— economia de combustibil realizabilă faţă de producerea separată de energie electrică şi căldură, care în condiţiile specifice intervalului 1965—1970 se poate aprecia că a reprezentat cel puţin 20% ;

— posibilitatea utilizării, în unele cazuri specifice, de cărbuni inferiori sau de combustibil lichid (păcură) cu randamente ridicate, în condiţii de apropiere de oraşe şi mari platforme industriale, altfel inutilizabili parţial sau total în acest scop ;

— concepţia constructivă şi economică modernă adoptată pentru sistemul de termoficare, considerat ca un tot unitar ca proiectare, construcţie şi exploatare, şi, în acelaşi timp, ca un element al sistemului energetic ;

— asigurarea unui grad superior de confort pentru consumatorii urbani şi industriali de căldură, inclusiv reducerea poluării atmosferei urbane şi pe platformele industriale.

Ţinînd seama de dezvoltarea cantitativă şi calitativă de pînă acum, de perspectiva dezvoltării cererilor de căldură, de experienţa de proiectare, construcţie şi exploatare existentă, se poate conchide că termoficarea are condiţii de dezvoltare şi că va aduce în continuare un aport important la dezvoltarea energeticii româneşti.

◆

DEZVOLTAREA CENTRALELOR TERMOELECTRICE ÎN ROMÂNIA

Prof. dr. ing. **V. I. Nitu**
Dr. ing. **C. Burducea**
Conf. ing. **C. Moţoiu**
Ing. **D. Renţea**
Ing. **C. Goldenberg**[*)]

Condiţiile naturale din România, structura balanţei de combustibil, duratele de execuţie şi costurile diferitelor tipuri de centrale au favorizat dezvoltarea cu precădere a centralelor termoelectrice de condensaţie şi a centralelor electrice de termoficare.

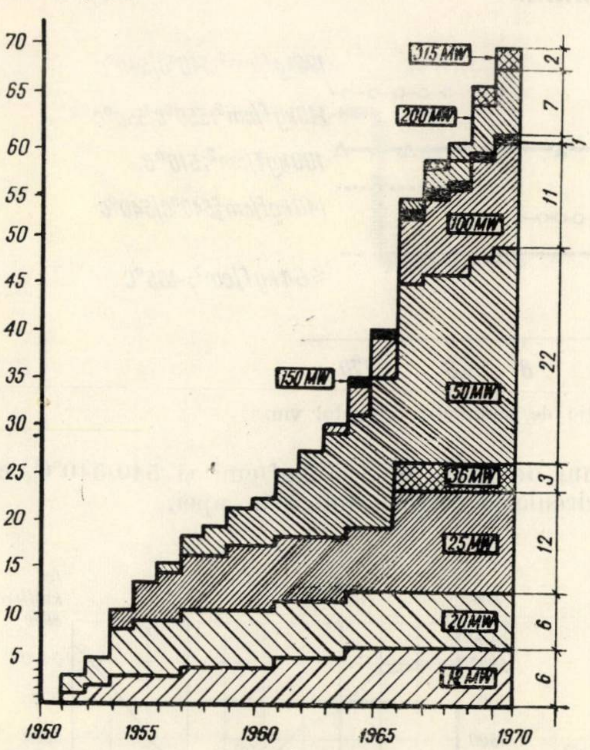


Fig. 1. Numărul de grupuri termoenergetice (puteri unitare ⩾ 12 MW) puse în funcţiune în centralele publice.

În perioada 1950—1965 au fost realizate în special centrale termoelectrice care folosesc drept combustibil principal gazele naturale şi păcura. În ultimii cinci ani se constată o dezvoltare preponderentă a centralelor care folosesc drept combustibil cărbunele, în special lignitul, centralele pe lignit urmînd să aibă o dezvoltare importantă în viitor.

Acordînd o importanţă de prim ordin optimizării soluţiilor în faza de concepţie şi dat fiind faptul că prin aceasta se pot realiza avantaje economice substanţiale, prin proiectare au fost aplicate, în condiţiile specifice ţării noastre, cele mai valoroase tendinţe verificate de tehnica mondială, printre care:

— mărirea puterii unitare a agregatelor (fig. 1);

— creşterea parametrilor aburului viu (fig. 2);

— dimensionarea schemelor termomecanice şi electrice în vederea asigurări unui grad ridicat de disponibilitate;

— concentrarea puterii în centrale mari (fig. 3);

— dezvoltarea centralelor de termoficare (fig.4) şi orientarea comasării consumatorilor de căldură în vederea realizării unor mari centrale de termoficare.

Aplicînd o concepţie proprie în realizarea centralelor termoelectrice, s-a obţinut o îmbunătăţire în timp a indicatorilor tehnico-economici ai centralelor, dintre care se evidenţiază:

— reducerea consumului specific de căldură (fig. 4);

— reducerea investiţiilor specifice (fig. 5);

— reducerea volumului şi a suprafeţelor specifice ale clădirilor principale (fig. 6 şi 7).

Realizarea centralelor termoelectrice în România a condus la:

— crearea unei concepţii unitare în privinţa soluţiilor tehnice şi a modului de exploatare a acestora;

— adoptarea unor soluţii care să răspundă cît mai bine condiţiilor locale şi necesităţilor de consum de energie electrică şi căldură;

— adoptarea de soluţii avansate, verificate, urmărind obţinerea unor indicatori favorabili de exploatare, cu refolosirea de proiecte, ceea ce, pe lîngă reducerea efortului de proiectare şi a timpului de realizare, are şi avantajul eliminării erorilor de prototip;

— economii în consumul de materiale deficitare şi din import;

— utilizarea de echipamente energetice fabricate în România;

— soluţionări care conduc la mărirea siguranţei în exploatare.

Cazane de abur

La blocurile mari de condensaţie, o dată cu ridicarea parametrilor iniţiali s-au instalat numai cazane cu circulaţie forţată unică. De asemenea, cazanele care urmează a se fabrica în România, avînd presiunea de 195 kgf/cm², sînt prevăzute cu circulaţie forţată unică şi cu posibilitatea de a li se adopta recircularea apei.

Pentru centralele de termoficare caracterizate prin nereturnarea condensatului de la aburul folosit de consumatorii industriali, datorită riscului de impurificare a apei, s-au folosit în exclusivitate cazane cu circulație naturală, presiunea fiind plafonată la 140 kgf/cm².

---

*) Prof. dr. ing. Vasile I. Nitu este directorul Institutului de studii şi proiectări energetice (ISPE); dr ing. Cornel Burducea este director tehnic la ISPE; ing. Costin Moţoiu este conferenţiar la Institutul politehnic Bucureşti; Dumitru Renţea şi Carol Goldenberg sînt ingineri proiectanţi principali gradul I la ISPE.

Studiile referitoare la echiparea centralelor de termoficare publice cu consum de căldură preponderent pentru încălzire au arătat că direcțiile de mărire a eficienței economice pentru astfel de centrale sînt condiționate de :

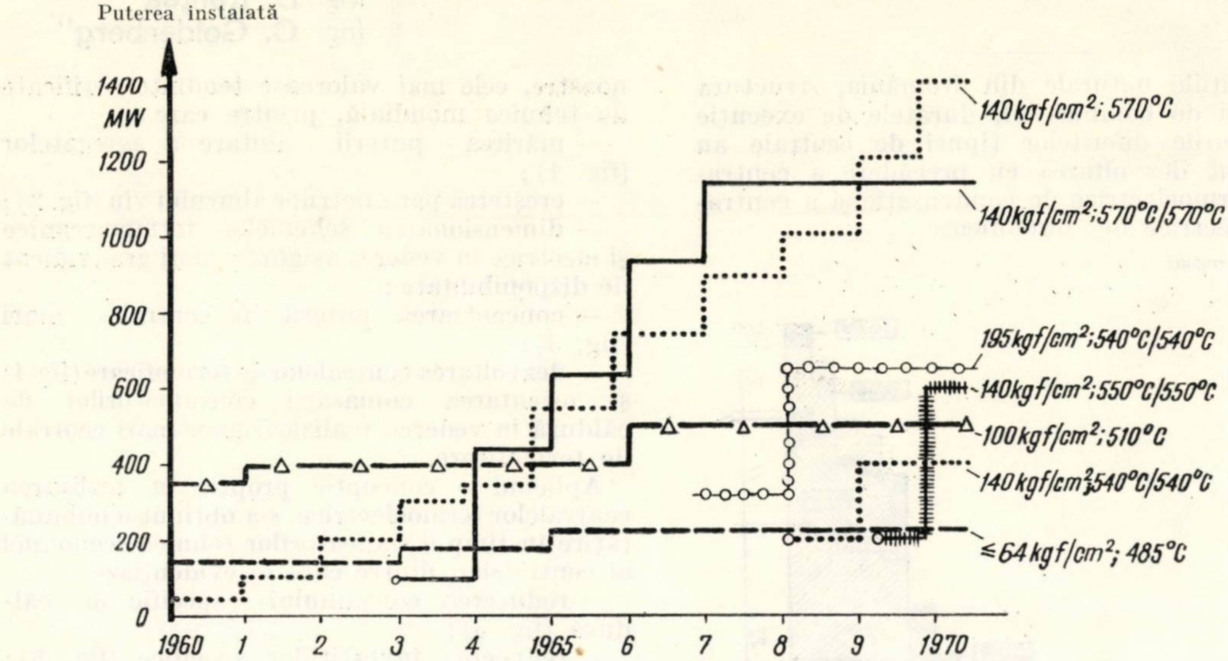


Fig. 2. Evoluția puterii instalate funcție de parametrii aburului viu.

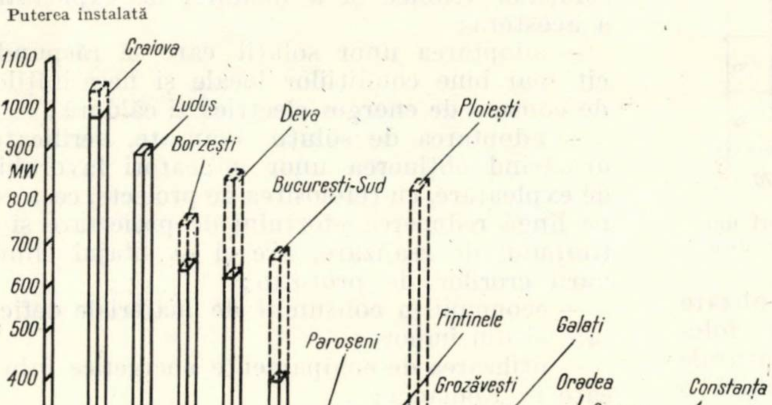


Fig. 3. Clasarea centralelor termoelectrice existente la sfîrșitul anului 1970, după mărimea lor (cu linii punctate se arată dezvoltarea prevăzută a obiectivelor pînă în 1975).

— folosirea mai intensă a capacităților de bază ale centralei, cu limitarea supradimensionării cazanului de abur (și a corpului de înaltă presiune al turbinei) ;

— obținerea unui consum specific pentru energia electrică produsă în condensație cît mai apropiat de cel al grupului de condensație pură.

În consecință, în următorii ani vor fi instalate pentru astfel de centrale cazane de abur cu supraîncălzire intermediară. Actualmente în România se află în curs de fabricație cazanul de 525 t/h, 195 kgf/cm² și 540/540°C, cu circulație forțată unică a apei.

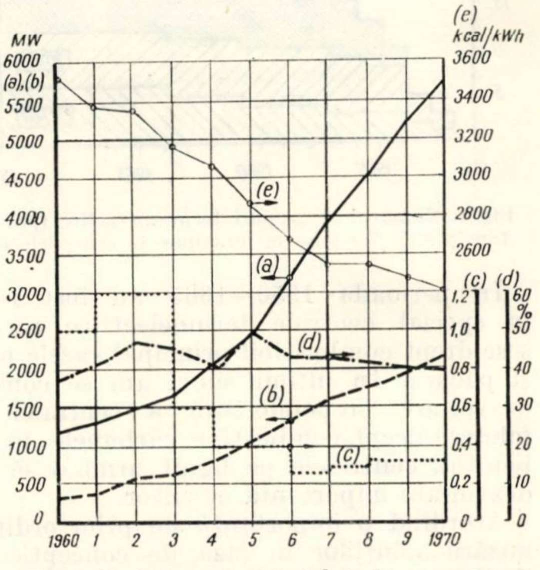
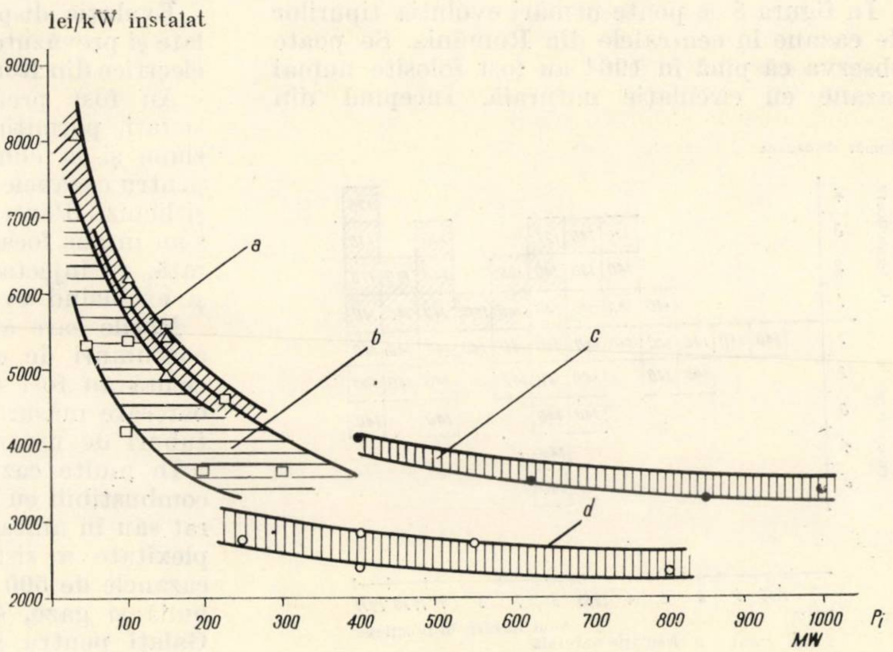


Fig. 4. Evoluția puterii instalate în centralele de termoficare față de cea a centralelor termoelectrice (total) și evoluția consumului specific de căldură al centralelor termoelectrice :

a — puterea instalată în centralele termoelectrice ; *b* — puterea instalată în centralele de termoficare ; *c* — raportul dintre puterea unitară maximă a grupului din centralele de termoficare și puterea unitară maximă a grupului din centralele de condensație ; *d* — procente reprezentînd raportul dintre puterea instalată în centralele de termoficare și puterea instalată în centralele termoelectrice (total) ; *e* — consumul specific de căldură al centralelor termoelectrice (total brut).

Fig. 5. Variația investiției specifice în centralele termoelectrice realizate :

a – centrale de termoficare pe cărbune;
b – centrale de termoficare pe gaze și păcură;
c – centrale de condensație pe cărbune;
d – centrale de condensație pe gaze și păcură.



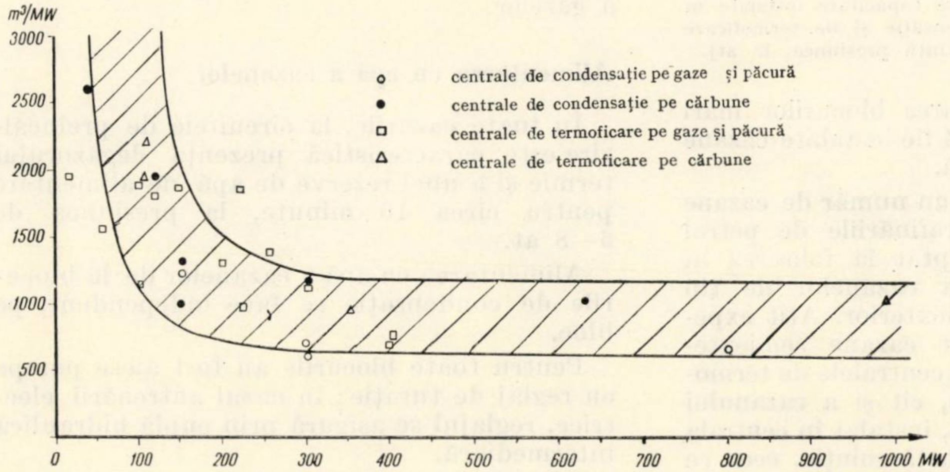


Fig. 6. Variația volumului specific al clădirii principale.

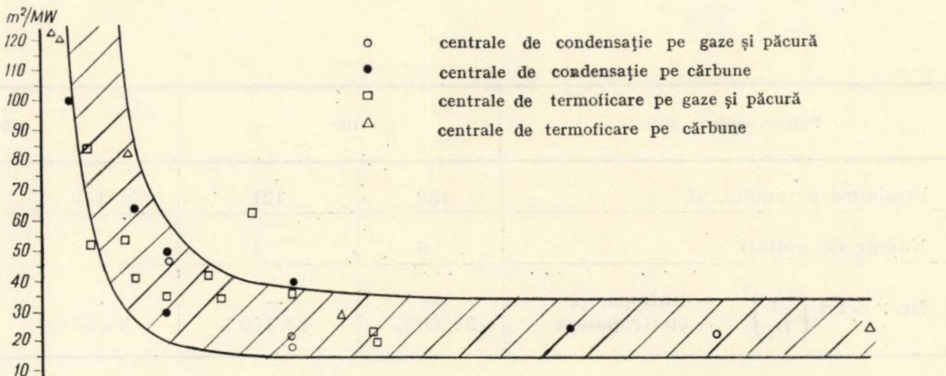


Fig. 7. Variația suprafeței specifice a clădirii principale.

În figura 8 se poate urmări evoluţia tipurilor de cazane în centralele din România. Se poate observa că pînă în 1964 au fost folosite numai cazane cu circulaţie naturală. Începînd din acest an, o dată cu instalarea blocurilor mari de condensaţie au început să fie instalate cazane cu circulaţie forţată unică.

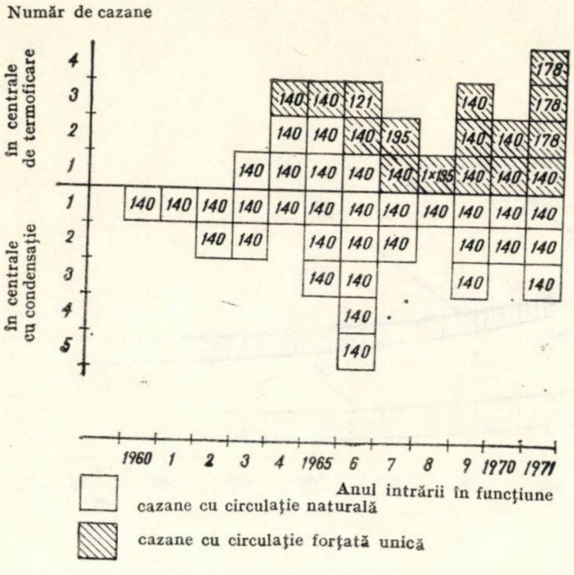


Fig. 8. Numărul cazanelor de mare capacitate instalate în centralele termoelectrice de condensaţie şi de termoficare (cifrele din dreptunghiuri reprezintă presiunea, în at).

Experienţa acumulată la un număr de cazane instalate în aer liber la rafinăriile de petrol a permis să se treacă treptat la folosirea în centralele termoelectrice a cazanelor de tip exterior sau cel puţin semiexterior. Atît experienţa exploatării primelor cazane semiexterioare de 420 t/h, folosite în centralele de termoficare (Ploieşti şi Borzeşti), cît şi a cazanului exterior tip turn, de 400 t/h, instalat în centrala Fîntînele au confirmat această soluţie, ceea ce a determinat ca pentru cazanele de 1050 t/h ce se fabrică la noi în ţară să fie adoptat tipul exterior.

Evoluţia dispoziţiei cazanelor de abur instalate şi prevăzute a se instala în centralele termoelectrice din România este prezentată în figura 9.

Au fost preferate focare etanşe cu pereţi sudaţi, permiţînd trecerea la arderea sub presiune şi la eliminarea ventilatoarelor de gaze pentru cazanele care folosesc combustibili gazoşi şi lichizi. Pentru cazanele care folosesc lignitul s-au impus focarele cu încărcare termică moderată, cu injectare turbionară a combustibilului şi excluzînd evacuarea zgurei în stare topită. Morile care au condus la cele mai raţionale consumuri de energie şi la o funcţionare eficientă au fost cele de tip ventilator şi, într-o oarecare măsură, cele cu ciocane, prevăzute cu tuburi de uscare prealabilă a combustibilului.

În multe cazuri au fost utilizaţi mai mulţi combustibili cu caracteristici diferite, arşi separat sau în amestec, ceea ce a condus la o complexitate a sistemelor de ardere. Se citează cazanele de 500 t/h de la Craiova pentru lignit, huilă şi gaze, sau cazanele de 420 t/h de la Galaţi pentru gaze naturale, gaze de furnal, gaze de cocs şi păcură. Drept consecinţă, la peste jumătate din cazanele blocurilor de condensaţie sînt montate ventilatoare de recirculare a gazelor.

Alimentarea cu apă a cazanelor

În toate cazurile, la circuitele de preîncălzire este caracteristică prezenţa degazorului termic şi a unei rezerve de apă de alimentare pentru circa 10 minute, la presiunea de 6–8 at.

Alimentarea cu apă a cazanelor de la blocurile de condensaţie se face independent, pe bloc.

Pentru toate blocurile au fost alese pompe cu reglaj de turaţie; în cazul antrenării electrice, reglajul se asigură prin cuplă hidraulică intermediară.

În tabelul 1 se poate urmări evoluţia dimensionării pompelor de alimentare la blocurile de condensaţie din România.

Tabelul 1

Puterea unitară, MW	100		200		315–330
Presiunea cazanului, at	139	121	140	178	195
Număr de unităţi	6	1	8	4	4
Nr. × debit $\left(\frac{D_p}{D_1}\right)^{*)}$ — turbopompe	—	—	—	1×100%	1×100%
— electropompe	3×60%	2×100%	3×55%	2×55%	2×55%

*) D_p = debitul maxim al pompei:
D_1 = debitul maxim continuu al cazanului.

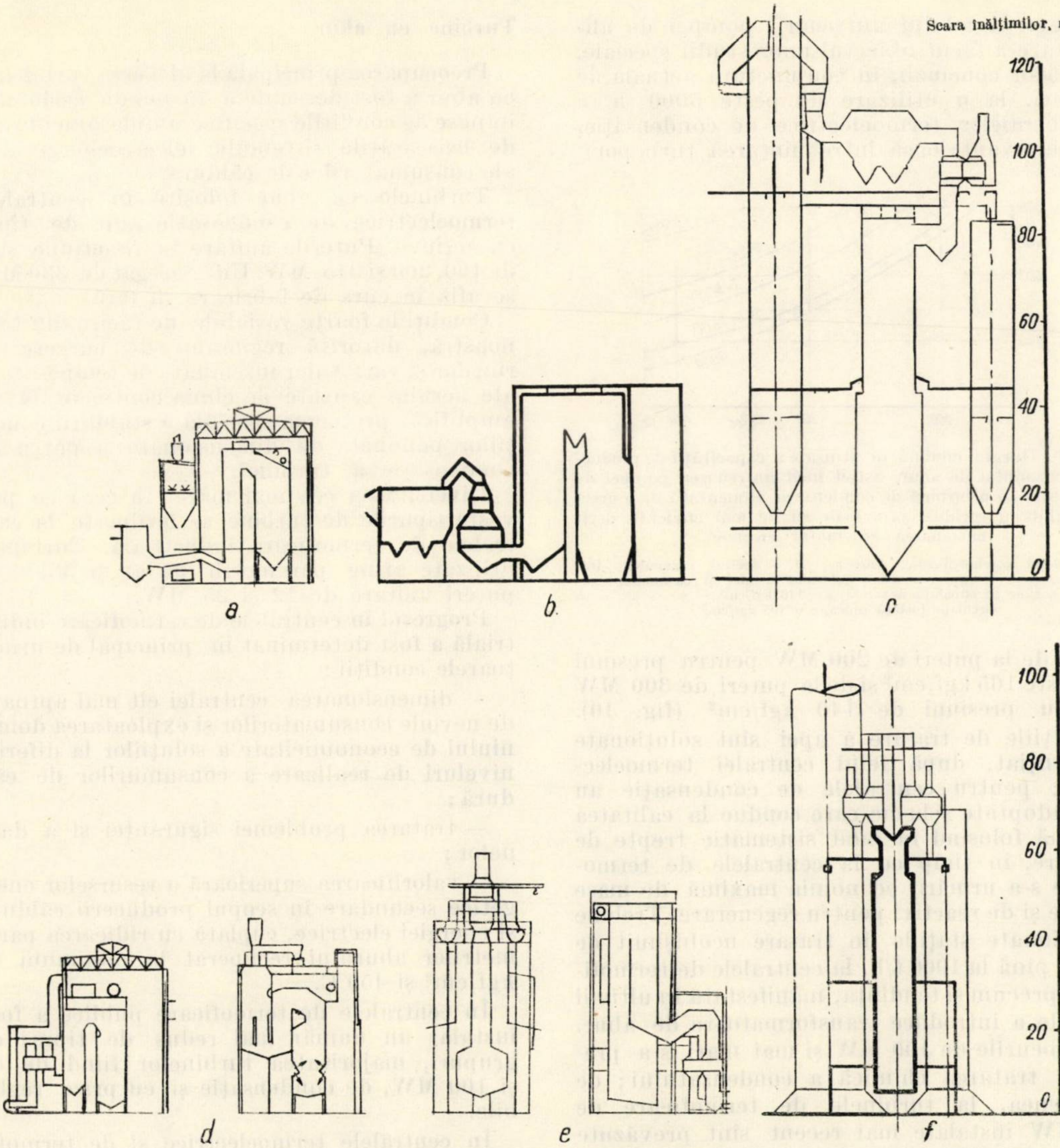


Fig. 9. Evoluţia cazanelor de abur în centralele termoelectrice:

	Tipul cazanului	Anul instalării	Debitul, t/h	Presiunea, at	Temperatura, °C	Constructorul	Combustibilul *)
a	interior	1953—1966	100—210 2×320	100 140	510 570/570	Podolsk' şi Taganrog (U.R.S.S.)	*G*; *P*; *C*; *P*+*G*; *C*+*P*
b	interior modern	1965—1970	510	196	540/540	MAN (R.F.G.)	*L*+*P*+*C*
c	turn	după 1971	1050	196	540/540	Vulcan (România, licenţă Babcock)	*L*+*P*
d	semiexterior	1960—1968	420 330	140 139	570 570/540	Taganrog şi Vulcan Brno (Cehoslovaci)	*P*+*G* *G*
e	exterior	1966—1970	400 650	121 178	510 550/560	Dürr (R.F.G.) Brno	*G* *P*+*G*
f	turn	după 1971	1050	196	540/540	Vulcan, (licenţă Babcock)	*P*+*G*

*) *C* = cărbune superior; *P* = păcură; *G* = gaze; *L* = cărbune inferior (lignit).

Alegerea felului antrenării pompei de alimentare a făcut obiectul unor studii speciale, ale căror concluzii, în conjunctura actuală de preţuri, la o utilizare de peste 5000 h/an a centralelor termoelectrice de condensaţie, indică avantajoasă întrebuinţarea turbopompelor de la puteri de 200 MW pentru presiuni de peste 165 kgf/cm² şi de la puteri de 300 MW pentru presiuni de 140 kgf/cm² (fig. 10).

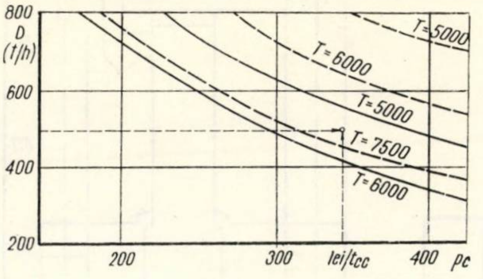


Fig. 10. Durata minimă de utilizare a capacităţii de producţie a cazanului de abur, astfel încît antrenarea pompei de alimentare cu o turbină de condensaţie alimentată de o priză nereglabilă a turbinei principale să fie mai eficientă decît antrenarea cu motor electric:

p_c — costul combustibilului, lei/tc.c.; D — debitul cazanului, t/h; T — durata de utilizare anuală a debitului instalat al cazanului, h/an; — — — cazane cu circulaţie naturală, $p = 140$ kgf/cm²; ——— cazane cu circulaţie forţată unică, $p = 195$ kgf/cm².

Staţiile de tratare a apei sînt soluţionate diferenţiat, după felul centralei termoelectrice: pentru centralele de condensaţie au fost adoptate scheme care conduc la calitatea optimă folosind în mod sistematic trepte de finisare, în timp ce la centralele de termoficare s-a urmărit economia maximă de mase ionice şi de reactivi pentru regenerare. Trebuie menţionate staţiile de tratare neobişnuit de mari, pînă la 1000 t/h, la centralele de termoficare, precum şi tendinţa, manifestată în ultimii ani, de a introduce transformatoare de abur. La blocurile de 100 MW şi mai mari s-a prevăzut tratarea chimică a condensatului; de asemenea, la turbinele de termoficare de 50 MW instalate mai recent sînt prevăzute instalaţii pentru tratarea condensatului principal.

Turbine cu abur

Preocuparea principală la alegerea turbinelor cu abur a fost aceea de a răspunde cerinţelor impuse de condiţile specifice amplasamentului, de necesităţile sistemului electroenergetic şi ale consumatorilor de căldură.

Turbinele cu abur folosite în centralele termoelectrice de condensaţie sînt de tipul cu acţiune. Puterile unitare în funcţiune sînt de 100, 200 şi 315 MW. Un agregat de 330 MW se află în curs de fabricare în ţară.

Condiţiile foarte variabile de răcire din ţara noastră, datorită regimului de curgere al rîurilor şi variaţiilor însemnate de temperatură ale aerului cauzate de clima continentală, au amplificat problema specială a stabilirii condiţiilor nominale de dimensionare a părţii de condensaţie a turbinei.

Diversitatea cea mai mare în ceea ce priveşte tipurile de turbine se întîlneşte la centralele de termoficare industrială. Turbinele utilizate ating parametrii 90 at şi 535°C la puteri unitare de 12 şi 25 MW.

Progresul în centralele de termoficare industrială a fost determinat în principal de următoarele condiţii:

— dimensionarea centralei cît mai aproape de nevoile consumatorilor şi exploatarea domeniului de economicitate a soluţiilor la diferite niveluri de realizare a consumurilor de căldură;

— tratarea problemei siguranţei şi a daunelor;

— valorificarea superioară a resurselor energetice secundare în scopul producerii căldurii şi energiei electrice, cuplată cu ridicarea parametrilor aburului recuperat la minimum 40 kgf/cm² şi 450°C.

În centralele de termoficare publice a fost instalat un număr mai redus de tipuri de grupuri, majoritatea turbinelor fiind de 50 şi 100 MW, de condensaţie şi cu prize reglabile.

În centralele termoelectrice şi de termoficare, cele mai importante turbine întîlnite au caracteristicile din tabelul 2.

Tabelul 2

Felul turbinei	Condensaţie pură				Condensaţie şi priză reglabilă	
Puterea, MW	50	100	200	315–330	50	100
Parametrii aburului viu:						
— presiunea, at	100	135	135	186	130	130
— temperatura, °C	500	565/565	565/565	535/535	565	565
Număr de corpuri	1	3	3	4	2	2
Număr de fluxuri la condensator	1	2	2	4	1	2
Lungimea paletei ultimei trepte, mm	665	440–585	765–875	845	780	550

Schema termică de ansamblu

Evoluţia alegerii schemelor termice a diferenţiat soluţiile pentru centralele de condensaţie şi pentru centralele de termoficare.

La centralele de condensaţie mai vechi, cu nivel de presiune pînă la 100 kgf/cm^2 inclusiv, s-a folosit schema cu bară de ajutor între cazane. În prezent schema de bază a centralelor de condensaţie s-a ales inclusiv pe tip bloc. Soluţia a devenit obligatorie şi ca urmare a creşterii puterii şi parametrilor, dar mai ales ca urmare a introducerii supraîncălzirii intermediare.

Condiţiile impuse de exploatarea celor mai mari unităţi din sistem au condus pe parcurs la folosirea a două cazane în schemă-bloc, la unităţile pe cărbune (Paroşeni 150 MW, Craiova 315 MW). De asemenea, la o parte din grupurile de 200 MW construcţia cazanului utilizat a fost din două corpuri gemene independente. Ulterior, din motive de simplificare a schemei şi de reducere a investiţiei, toate agregatele de condensaţie de mare putere au fost alese cu schemă bloc.

Evoluţia schemelor termice ale centralelor termoelectrice este prezentată în figura 11.

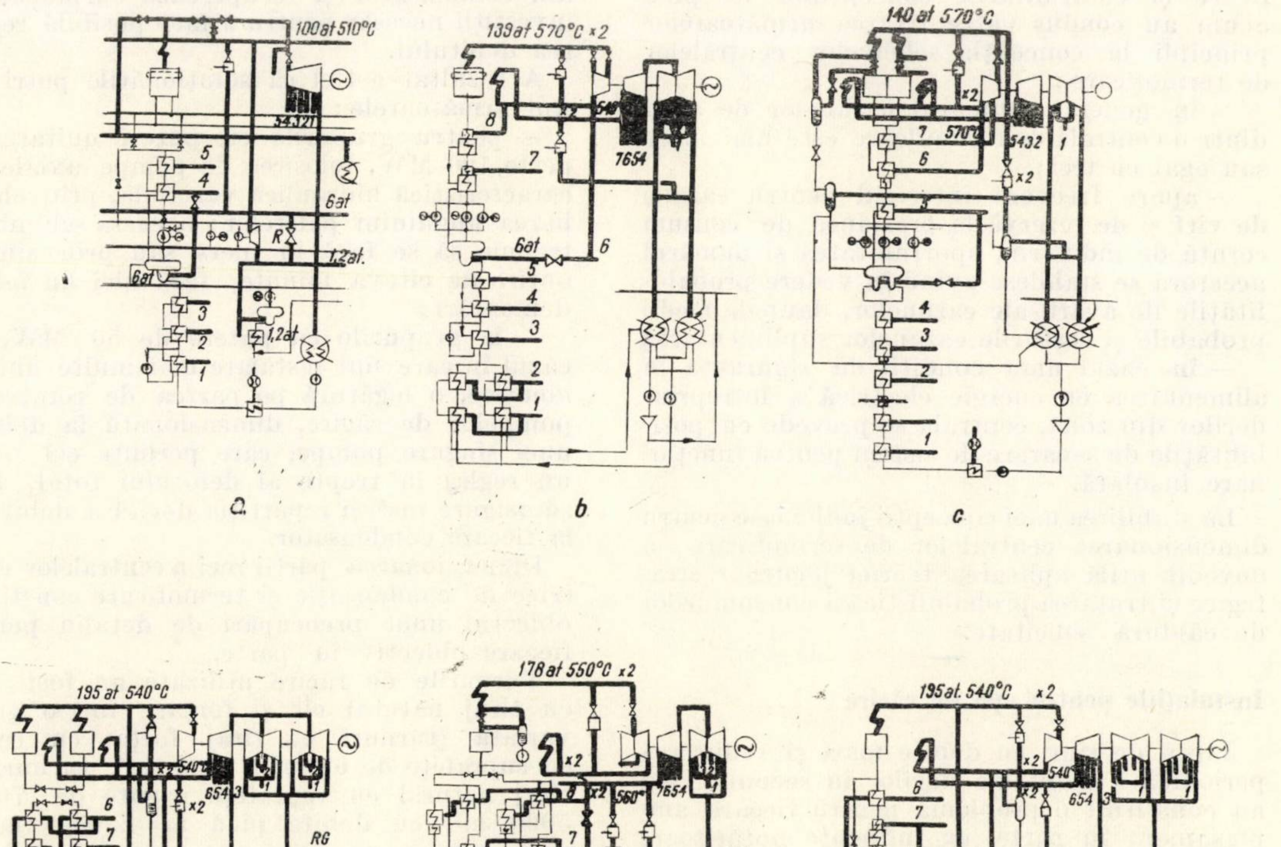


Fig. 11. Evoluţia schemelor termice ale centralelor termoelectrice :

a: Paroşeni, 50 MW; LMZ; 5 prize; temperatura de alimentare, t_{al} = 215°C; b: Luduş şi Craiova, 100 MW; Skoda; 8 prize; t_{al} = 235°C; c: Deva, 200 MW; LMZ; 7 prize; t_{al} = 230°C; d: Craiova, 315 MW; SPIE – Rateau; 7 prize; t_{al} = 265°C; e: Rovinari, 200 MW; Skoda; 8 prize; t_{al} = 250°C; f: bloc 330 MW; România, licenţă Rateau-Babcock; 7 prize; t_{al} = 260°C.

Schemele folosite la centralele de termoficare urmăresc să asigure o elasticitate cît mai mare în exploatare. Pentru conductele de abur de înaltă presiune se utilizează soluţia cu o conductă unică de legătură, secţionată longitudinal în cel puţin două segmente. Această conductă este în permanenţă sub presiune şi asigură alimentarea instalaţiilor de reducere-răcire a aburului. Pentru fiecare nivel de presiune se instalează cîte două staţii de reducere de 50 % din sarcină, astfel încît la ieşirea din funcţiune a tuturor turbinelor să se poată acoperi debitul solicitat de consumatorii de căldură.

Experienţa realizării centralelor de termoficare şi confruntările concepţiilor de pînă acum au condus către fixarea următoarelor principii la concepţia schemelor centralelor de termoficare :

— în general, numărul cazanelor de abur dintr-o centrală de termoficare este mai mare sau egal cu trei;

— apare frecvent interesul pentru cazane de vîrf şi de rezervă la presiunea de consum cerută de industrii; oportunitatea şi numărul acestora se stabilesc avînd în vedere probabilităţile de avarii ale cazanelor, daunele medii probabile şi costurile cazanelor suplimentare;

— în cazul unor condiţii de siguranţă în alimentarea cu energie electrică a întreprinderilor din zonă, centrala se prevede cu posibilităţile de separare de sistem pentru funcţionare insulară.

La stabilirea unei concepţii judicioase pentru dimensionarea centralelor de termoficare s-a dovedit utilă aplicarea teoriei jocurilor strategice şi tratarea probabilistică a consumurilor de căldură solicitate.

Instalaţiile pentru apa de răcire

Lipsa de rîuri cu debite mari şi reducerea periodică a debitelor rîurilor în sezonul cald au constituit o problemă pentru fiecare amplasament în parte, cu influenţe hotărîtoare asupra valorilor de investiţii şi a consumului specific de combustibil, problemă care a fost tratată special pentru fiecare caz în parte.

Circuitele de răcire ale centralelor termoelectrice din România sînt complexe şi se caracterizează prin :

— folosirea soluţiilor de răcire mixtă, dintre care turnurile de răcire completează debitele rîurilor uneori pînă la 90 %;

— reducerea consumului de energie de pompare prin ridicarea cotelor apei în spatele prizei şi prin recuperarea energiei hidraulice în microhidrocentrale de recuperare;

— folosirea unei trepte separate de pompare la turnurile de răcire închise în situaţii de lipsă de apă;

— dedurizarea apei de adaos în circuitele de răcire închise în situaţii de lipsă de apă;

— dimensionarea întregului circuit de răcire fără rezervă, la avarii funcţionîndu-se cu un nivel de temperatură mai ridicat.

Studiile efectuate anterior în România au arătat că funcţionarea în circuitul de răcire cu debite de apă variabile şi cu diferenţe de temperatură între apa caldă şi apa răcită constante este mai avantajoasă decît funcţionarea cu acelaşi debit, dar cu diferenţe de temperatură variabile, mai ales în cazul folosirii turnurilor de răcire cu tiraj natural. Economia de energie prin pompare prevalează asupra efectelor variaţiei de temperatură din condensator şi recuperează surplusul de investiţii necesar pentru a face posibilă reglarea debitului.

A rezultat astfel că soluţionările potrivite sînt următoarele :

— pentru grupurile cu puteri unitare de peste 100 MW, folosirea de pompe axiale cu caracteristică hidraulică variabilă, prin schimbarea unghiului paletelor; această schimbare trebuie să se facă în mers sau prin simplă oprire de cîteva minute, fără nici un fel de demontări;

— la grupurile cu putere de 50 MW, în cazul în care sînt instalate mai multe unităţi identice, o legătură pe partea de refulare a pompelor de răcire, dimensionată la debitul unei singure pompe, care permite cel puţin un reglaj în trepte al debitului total, fără să asigure însă şi repartiţia dorită a debitului la fiecare condensator.

Dimensionarea părţii reci a centralelor electrice de condensaţie şi termoficare constituie obiectul unor preocupări de detaliu pentru fiecare obiectiv în parte.

Turnurile de răcire utilizate au fost atît cu tiraj natural cît şi forţat, într-o gamă variată (turnuri cu tiraj forţat cu celule cu suprafeţe de 64 m² şi 130 m², turnuri cu tiraj natural cu suprafeţe irigate de 700—5000 m², cu debite pînă la 42 000 m³/h.

În timp ce la centralele termoelectrice de condensaţie intervalul de încălzire a apei la condensator este menţinut la valori de 8—10 grade, la centralele de termoficare prezintă interes reducerea debitelor de apă de răcire prin utilizarea unui interval de răcire peste 12 grade, cu ajutorul turnurilor de răcire supraîncărcate.

Conducerea proceselor

În figura 12 se prezintă evoluţia concepţiei sistemelor de conducere a proceselor, avînd ca momente esenţiale trecerea la centralizarea conducerii în camere de comandă (anul 1960) şi introducerea calculatoarelor electronice (1968).

La realizarea camerelor de comandă se constată o tendinţă continuă pentru delimitarea raporturilor între funcţiile diverselor categorii ale camerelor de comandă şi ale tablourilor locale, precum şi găsirea soluţiilor optime de amplasare pentru obţinerea optimului în ceea ce priveşte dialogul ,,operator — instalaţii automate". Rezultatul îl constituie uniformizarea soluţiilor actuale cu un grad sporit de operativitate şi eficienţă a conducerii :

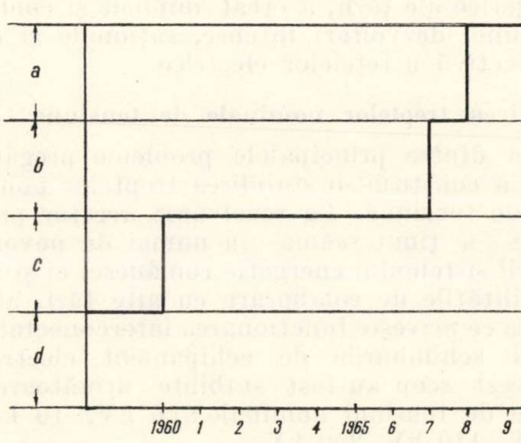


Fig. 12. Evoluţia concepţiei sistemelor de conducere a proceselor în centralele termoelectrice :
a — calculator de informaţie şi instalaţii de pornire automată a turbinei ; b — grupe funcţionale ; c — camera de comandă termică ; d — tablouri locale

— amplasarea în centrul de greutate al instalaţiilor (corpul degazoarelor sau între cazane) ;

— cameră de comandă numai pentru două blocuri, ceea ce creează condiţii de siguranţă sporită şi permite o mai bună organizare interioară ;

— reducerea dimensiunilor tablourilor de comandă prin trecerea de la comanda în curenţi tari la tehnica modulată, în curenţi slabi, instalaţie fabricată în ţară ;

— reducerea la minimum a operaţiilor efectuate de operatorii locali, cu influenţe pozitive asupra numărului personalului de exploatare şi asupra siguranţei ;

— aplicarea principiilor ergonomice în organizarea tablourilor de comandă.

Automatizarea completă (tratarea automată a informaţiei şi automatizarea operaţiilor de pornire-oprire) la soluţiile aplicate pînă în prezent evidenţiază rezultate pozitive în ceea ce priveşte siguranţa şi costurile de exploatare.

Perspectiva dezvoltării centralelor termoelectrice

În următorii zece ani centralele termoelectrice şi de termoficare vor reprezenta în continuare o cotă importantă din puterea totală ce se prevede a fi instalată (circa 65%). Pentru această perioadă, în studiile şi în proiectele ce urmează a se realiza sînt de luat în considerare următoarele idei, bazîndu-ne pe experienţa de pînă acum :

a) la centrale termoelectrice de condensaţie :

— instalarea unui număr cît mai redus de tipuri de grupuri ; în principal vor fi instalate grupuri de 330 MW, fabricate în ţară ;

— trecerea la un palier superior de putere cu turbine pe un ax (600—700 MW) ;

— tratarea aprofundată a schemelor termomecanice în ideea obţinerii unei siguranţe sporite ;

— generalizarea folosirii calculatoarelor cu funcţii de informare şi de calcul la blocurile de mare putere ;

— îmbunătăţirea siguranţei alimentării serviciilor interne vitale prin instalarea la blocurile de mare putere de turbine cu gaze cu pornire rapidă, de mare vîrf.

b) la centralele de termoficare :

— păstrarea diversităţii echipării şi a soluţiilor aplicate şi verificate la centralele industriale şi la cele publice cu consum preponderent industrial ;

— introducerea blocului cu supraîncălzire intermediară la unităţile de termoficare urbană, asigurînd un consum de condensaţie apropiat de cel al CTE şi cu dimensiunea părţii de condensaţie a turbinei astfel aleasă încît să asigure posibilitatea folosirii în condensaţie a debitului nominal al cazanului. În acest scop a fost proiectat grupul dezvoltînd 160 MW în condensaţie şi 120 MW în termoficare ;

— coeficientul orar de termoficare optim al grupurilor se va afla în continuare în banda 0,3—0,4 ;

— nu se constituie rezerva în capacitatea de producţie a cazanelor de abur de înaltă presiune, cerinţele de vîrf şi condiţiile de rezervă şi siguranţă fiind asigurate de cazanele de apă fierbinte, respectiv de abur de joasă presiune ;

— dimensiunile părţii reci sînt limitate, deoarece aceasta funcţionează cu grad redus de utilizare şi cu încărcare variabilă.

◆

DEZVOLTAREA REȚELELOR ELECTRICE ÎN ROMÂNIA

Gheorghe Stoica,
adjunct al ministrului energiei electrice

Situația în anul 1950

Rețelele electrice din România s-au dezvoltat corelat cu evoluția consumului și a producției de energie electrică.

În 1950, cînd producția de energie electrică a fost de 2,1 miliarde kWh, exista o singură linie de 110 kV, cu lungimea de 127 km, între Dobrești și București. De asemenea, rețelele de tensiuni inferioare erau insuficient dezvoltate, existînd cîteva sute de kilometri de linii de 60 kV și circa 6000 km de linii de 1—30 kV. Toate aceste rețele erau concentrate în jurul marilor orașe sau în zone industriale mai importante. Tensiunile de serviciu utilizate erau destul de diferite, ca, de exemplu: 1 kV, 3 kV, 5 kV, 6 kV, 10 kV, 11 kV, 15 kV, 22 kV, 25 kV, 30 kV, 33 kV etc. Frecvențele erau, de asemenea, diferite, în afară de frecvența preponderentă de 50 Hz, existînd instalații care funcționau la 42 Hz sau chiar la 20,8 Hz. În aceste condiții nu putea fi vorba de o funcționare interconectată a tuturor rețelelor de pe cuprinsul țării și cu atît mai puțin de o dezvoltare corelată, planificată a acestora.

Elaborarea primului plan decenal de electrificare, în 1950, prin stabilirea unei politici clare de dezvoltare a sistemului energetic în ansamblu și de utilizare rațională a resurselor energetice ale țării, a creat implicit și condițiile unei dezvoltări intense, raționale și de perspectivă a rețelelor electrice.

Stabilirea treptelor nominale de tensiune

Una dintre principalele probleme pregătitoare a constituit-o stabilirea treptelor nominale de tensiune. La rezolvarea acestor probleme s-a ținut seamă nu numai de nevoile proprii sistemului energetic românesc, ci și de posibilitățile de colaborare cu alte țări, atît în ceea ce privește funcționarea interconectată, cît și schimburile de echipament electric. În acest scop au fost stabilite următoarele trepte de tensiuni nominale: 6 kV, 10 kV, 35 kV, 110 kV, 220 kV.

În urma realizării rețelelor electrice la aceste valori, încă din primii ani a rezultat necesitatea introducerii unei tensiuni intermediare în domeniul 10—35 kV, care să permită dezvoltarea în mod economic a rețelelor zonale și a electrificării rurale. Ca urmare a unor studii s-a hotărît introducerea în standard a tensiunii de 15 kV.

Dezvoltarea ulterioară a rețelelor electrice de distribuție a confirmat oportunitatea intro-

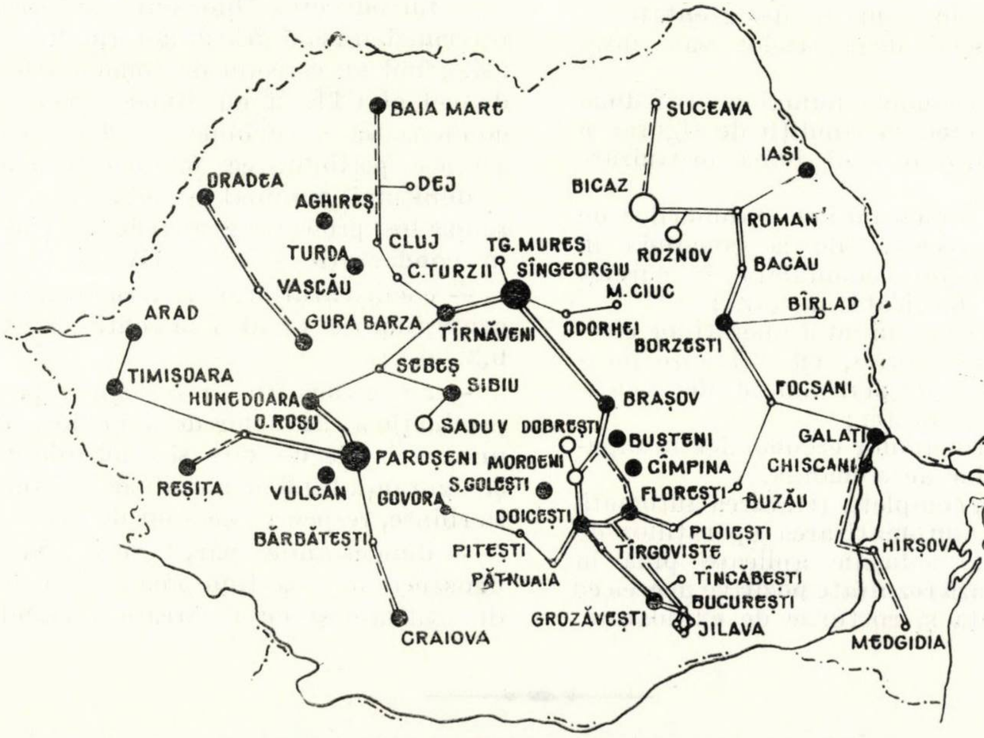

SUCEAVA
BAIA MARE
IAȘI
DEJ
ORADEA
BICAZ
AGHIREȘ
ROMAN
CLUJ
TG. MUREȘ
ROZNOV
TURDA
SÎNGEORGIU
C.TURZII
BACĂU
VAȘCĂU
M.CIUC
ARAD
BÎRLAD
GURA BARZA
TÎRNĂVENI
ODORHEI
BORZEȘTI
TIMIȘOARA
SEBEȘ
HUNEDOARA
SIBIU
FOCȘANI
BRAȘOV
O.ROȘU
SADU V
DOBREȘTI
BUȘTENI
GALAȚI
PAROȘENI
MORDENI
CÎMPINA
CHISCANI
REȘITA
VULCAN
GOVORA
S.GOLEȘTI
FLOREȘTI
BUZĂU
DOICEȘTI
PLOIEȘTI
BĂRBĂTEȘTI
PITEȘTI
TÎRGOVIȘTE
HÎRȘOVA
PĂTNUAIA
TINCĂBEȘTI
BUCUREȘTI
GROZĂVEȘTI
JILAVA
CRAIOVA
MEDGIDIA

Fig. 1. Configurația sistemului energetic în anul 1960:

● centrale termoelectrice
—— linii de 110 kV
═══ linii de 110 kV cu un circuit montat
○ centrale hidroelectrice
▬ linii de 110 kV dublu circuit
○ stații de transformare

ducerii noii tensiuni, de 15 kV, dar necesitățile de rețele de distribuție la 15 kV s-au dovedit atît de mari, încît foarte curînd au apărut strangulări în acest compartiment. Ținînd seamă de creșterea deosebită a consumului de energie electrică în mediul sătesc, de necesitățile electrificării intensive a satelor și a proceselor de producție din agricultură, a rezultat ca justificată din punct de vedere tehnic și economic trecerea rețelelor de 15 kV la 20 kV.

În prezent, tensiunile nominale utilizate pe scară largă în rețelele electrice sînt următoarele : 6 kV, 10 kV, 20 kV, 110 kV, 220 kV și 400 kV.

În domeniul rețelelor de joasă tensiune, inițial se prevedeau valorile de 208/120 V, 380/220 V, 500 V, iar în prezent se prevăd valorile de 380/220 V și 660 V.

Se remarcă tendința de utilizare cît mai eficientă a rețelelor electrice prin introducerea tensiunii de 660 V în locul celei de 500 V, datorită unor performanțe tehnico-economice superioare, tensiune care prezintă în plus și avantajul că poate utiliza în comun cu tensiunea de 380/220 V aceeași serie de motoare prin conexiunea triunghi, respectiv stea.

În sfîrșit, este de remarcat că, tot în vederea măririi eficienței instalațiilor existente s-au efectuat și alte treceri de rețele la o tensiune superioară : de la 208/120 V la 380/220 V și de la 5 kV la 10 kV, ambele în orașul București, cu foarte bune rezultate.

Evoluția rețelelor electrice

Evoluția rețelelor electrice este strîns legată de necesitățile fiecărei etape de dezvoltare a sistemului energetic în ansamblu (tabelul 1)

Tabelul 1

Evoluția rețelelor electrice în corelație cu dezvoltarea în ansamblu a sistemului energetic național

Unități	1950	1960	1970
Linii de 400 kV, km	—	—	1 400
Linii de 220 kV, km	—	—	1 929
Linii de 110 kV, km	127	2 815	8 350
Linii de 1—20 kV, km	—	19 572	53 200
Linii de joasă tensiune, km	—	39 900	80 000
Stații de 400 kV, nr.	—	—	1
Stații de 220 kV, nr.	—	—	19
Stații de 110 kV, nr.	—	47	264
Stații sub 110 kV, nr.	—	9 589	—
Energie electrică produsă, TWh	2,1	7,6	31,1
Putere instalată, MW	740	1 779	7 330

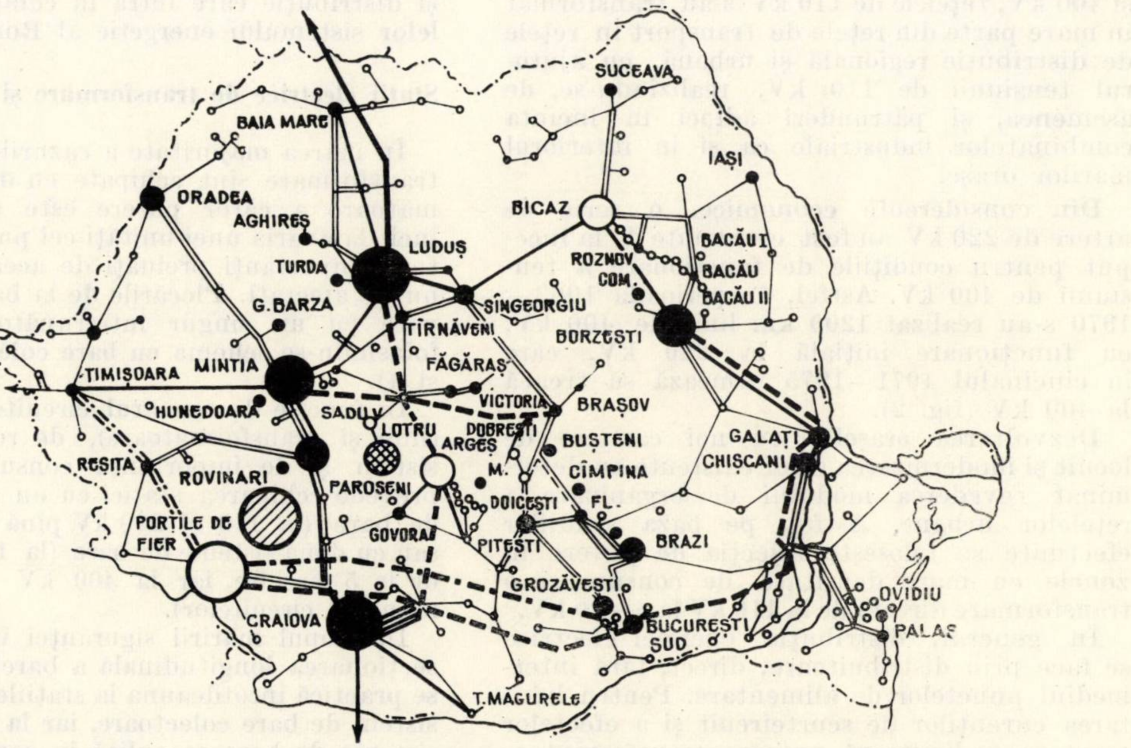

SUCEAVA
BAIA MARE
IAȘI
ORADEA
AGHIREȘ
BICAZ
LUDUȘ
BACĂU I
TURDA
ROZNOV
COM.
BACĂU
BACĂU II
G. BARZA
SINGEORGIU
TÎRNĂVENI
BORZEȘTI
TIMIȘOARA
MINTIA
FĂGĂRAȘ
HUNEDOARA
VICTORIA
SADU
BRAȘOV
LOTRU
DOBREȘTI
RESITA
ARGEȘ
BUȘTENI
GALAȚI
CHISCANI
M.
ROVINARI
PAROȘENI
CÎMPINA
PORȚILE DE FIER
DOICEȘTI
FL.
GOVORA
PITEȘTI
BRAZI
GROZĂVEȘTI
OVIDIU
CRAIOVA
BUCUREȘTI SUD
PALAS
T. MĂGURELE

Fig. 2. Configurația sistemului energetic în anul 1970 :

● centrale termoelectrice și electrice de termoficare

⊘ centrale termoelectrice și electrice de termoficare în construcție

○ centrale hidroelectrice

◍ centrale hidroelectrice în construcție

▬ linii de 400 kV

—·— linii de 400 kV funcționînd la 220 kV

— — linii de 400 kV în construcție în 1970

—— linii de 220 kV

- - - linii de 220 kV în construcție în 1970

—— linii de 110 kV

○ stații de transformare

Astfel, în perioada 1950—1960 puterile totale ale centralelor nu depăşeau 150 MW, iar puterea unitară maximă a grupului era de 50 MW. În această etapă tensiunea de 110 kV era cea mai înaltă din sistemul energetic, satisfăcînd necesităţile de transport (fig. 1).

În etapa 1961—1970 profilul unor centrale a atins valori de pînă la 800—1000 MW, puterea unitară maximă a grupurilor fiind de 315 MW.

Schimburile mari de puteri între zonele excedentare şi cele deficitare ale ţării au condus la necesitatea introducerii unor tensiuni superioare celei de 110 kV. Ca urmare, în 1963 linia Bicaz — Sîngiorgiu (136 km) a fost pusă în funcţiune la tensiunea de 220 kV. În intervalul 1963—1970 s-au construit linii de 220 kV în lungime totală de 1400 km, iar în cursul anului 1971 urmează a fi puse în funcţiune primele instalaţii la 400 kV în sudul ţării, pentru evacuarea puterii din CHE Porţile de Fier. Se constată că, în timp ce producţia de energie electrică s-a dublat în medie la un interval de circa cinci ani, tensiunea cea mai înaltă din sistemul energetic s-a dublat la un interval mediu de circa zece ani.

Pe măsura apariţiei tensiunilor de 220 kV şi 400 kV, reţelele de 110 kV s-au transformat în mare parte din reţele de transport în reţele de distribuţie regională şi urbană, cu ajutorul tensiunii de 110 kV, realizîndu-se, de asemenea, şi pătrunderi adînci în incinta combinatelor industriale ca şi în interiorul marilor oraşe.

Din considerente economice, o serie de artere de 220 kV au fost construite de la început pentru condiţiile de funcţionare a tensiunii de 400 kV. Astfel, în perioada 1963—1970 s-au realizat 1200 km linii de 400 kV, cu funcţionare iniţială la 220 kV, care în cincinalul 1971—1975 urmează să treacă la 400 kV (fig. 2).

Dezvoltarea oraşelor cu noi cartiere de locuit şi modernizarea celor existente au determinat revederea modului de organizare a reţelelor urbane. Astfel, pe baza studiilor efectuate se foloseşte injecţia de putere în zonele cu mare densitate de consum şi o transformare directă de la 110 kV la 6—20 kV.

În general, distribuţia energiei electrice se face prin distribuitoare, direct, fără intermediul punctelor de alimentare. Pentru limitarea curenţilor de scurtcircuit şi a efectelor acestora se limitează puterea transformatoarelor sau se prevede utilizarea unor transformatoare cu reactanţă mărită, iar secţiunile distribuitoarelor se aleg corespunzător. În acest fel s-a eliminat în foarte mare măsură utilizarea bobinelor de reactanţă pe plecări, care reprezentau soluţii scumpe şi greoaie. Reţeaua de distribuţie de medie tensiune se construieşte pentru o tensiune cît mai ridicată, de 10—20 kV, în funcţie de rezultatele calculelor economice efectuate pentru o perioadă de largă perspectivă (20—30 ani).

Din punctul de vedere al configuraţiei, în reţelele de transport predomină configuraţia buclată, în scopul asigurării cel puţin a unei alimentări pentru fiecare centru racordat la reţeaua de 220 kV şi 400 kV. În prezent întregul teritoriu al ţării este cuprins într-o buclă, formată din reţele de 220 kV şi 400 kV, cu mai multe legături, la care sînt racordate direct principalele centre de producţie şi consum. Reţeaua de 110 kV, în funcţie de rolul său de transport sau de distribuţie, are o configuraţie radială sau buclată. Reţelele de medie tensiune (6—20 kV) din mediul urban funcţionează în principal în sistemul radial, cu posibilităţi de buclare, organizate în prezent pe principiul punctelor de alimentare (în oraşele mari) şi prin distribuitoare în majoritatea oraşelor. Reţelele de joasă tensiune funcţionează radial, iar în unele zone buclat sau strîns buclat, după importanţa zonei deservite.

În cele ce urmează se face o succintă prezentare a principalelor caracteristici tehnice ale staţiilor şi liniilor electrice de transport şi distribuţie care intră în componenţa reţelelor sistemului energetic al României.

Staţii electrice de transformare şi conexiune

În marea majoritate a cazurilor, staţiile de transformare sînt echipate cu două transformatoare a căror putere este astfel aleasă, încît la avaria unei unităţi cel puţin consumatorii importanţi preluaţi de această staţie să nu fie afectaţi. Plecările de la bare sînt echipate cu un singur întrerupător pe celulă, folosindu-se schema cu bare colectoare (fig. 3 şi 4).

În funcţie de numărul circuitelor racordate (linii şi transformatoare), de rolul staţiei în sistem şi de importanţa consumatorilor, se prevede echiparea staţiei cu un singur sistem de bare (la 110 şi 220 kV pînă la 5 circuite), sau cu două sisteme de bare (la 110 şi 220 kV de la 5 circuite, iar la 400 kV indiferent de numărul circuitelor).

În scopul măririi siguranţei în alimentare, secţionarea longitudinală a barelor colectoare se practică întotdeauna la staţiile cu un singur sistem de bare colectoare, iar la cele cu două sisteme de bare se aplică în cazurile în care staţia reprezintă unica sursă de alimentare pentru o zonă de consum sau în cazul staţiilor importante pentru sistem. Secţionarea se prevede cu întrerupător dacă staţia este situată în zone poluate sau secţiunile de bare trebuie să funcţioneze cuplate permanent (de regulă, în reţelele de 220 şi 400 kV).

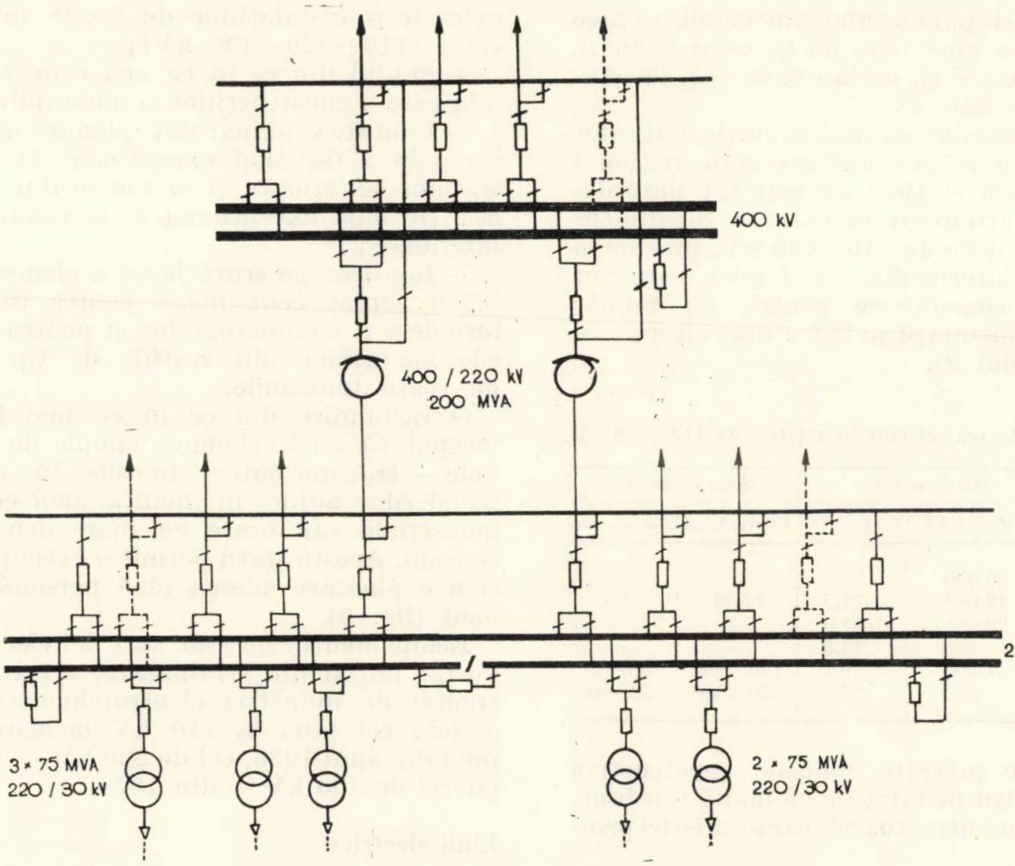

400 kV
400 / 220 kV
200 MVA
220 kV
3 × 75 MVA
220 / 30 kV
2 × 75 MVA
220 / 30 kV

Fig. 3. Schema electrică a unei stații de 400/220 kV.

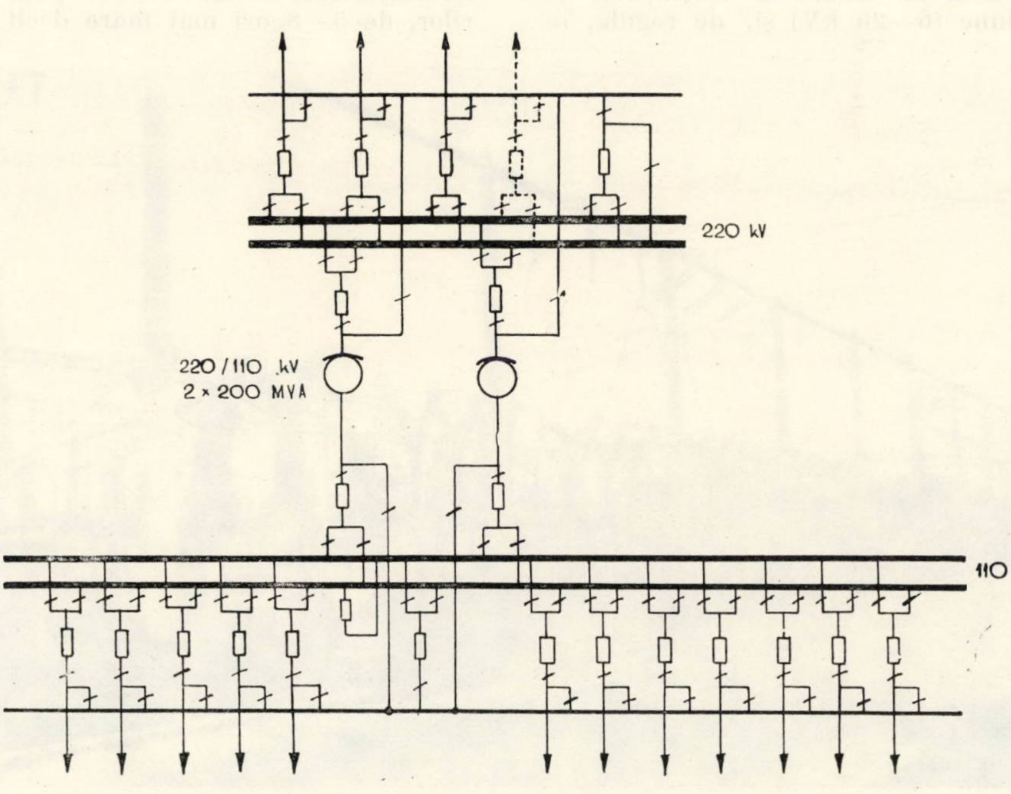

220 kV
220 / 110 kV
2 × 200 MVA
110 kV

Fig. 4. Schema electrică a unei stații de 220/110 kV.

Rezervarea echipamentului din celule se face prin realizarea unei bare de transfer la toate staţiile de 400 kV şi, de la caz la caz, la staţiile de 110–220 kV.

În urma studiilor privind evoluţia puterilor de scurtcircuit în sistemul energetic naţional în etapele 1975 şi 1980 au rezultat puterile-plafon de scurtcircuit la care să fie dimensionate instalaţiile de 110–400 kV, precum şi unele trepte intermediare mai mici, care pot fi luate în considerare pentru un număr însemnat de instalaţii avînd o dezvoltare mai redusă (tabelul 2).

Tabelul 2

Valorile-plafon de scurtcircuit în reţelele de 110–400 kV

Tensiunea, kV	Plafon superior		Valoare intermediară	
	Putere, MVA	Curent, kA	Putere, MVA	Curent, kA
400	20 000	29	—	—
220	12 000	31,5	7 500	20
110	20 000	31,5	—	—
20	500	14,5	—	—
10	1 200	70	400–800	23–46
6	800	75	250–500	24–48

În ceea ce priveşte soluţiile constructive adoptate pentru instalaţiile de înaltă tensiune, acestea prezintă următoarele caracteristici principale :

— realizarea pe bază de soluţii-tip a instalaţiilor de orice tensiune între 6 şi 400 kV ;

— amplasarea în clădiri a instlaţiilor de medie tensiune (6–20 kV) şi, de regulă, în exterior a instalaţiilor de foarte înaltă tensiune (110–220–400 kV) ;

— gradul din ce în ce mai ridicat de prefabricare a construcţiilor şi montajului ;

— limitarea numărului planurilor de tensiune la 2 (în mod excepţional 3) în cazul staţiilor exterioare şi a numărului de etaje la 1 (în mod excepţional 2) în cazul staţiilor interioare ;

— folosirea pe scară largă a elementelor de beton armat centrifugat pentru cadrele de întindere a conductoarelor şi pentru suporturile aparatelor din staţiile de tip exterior de toate tensiunile.

O răspîndire din ce în ce mai largă au început să aibă schemele simple de tip bloc linie — transformator, folosite în cazul pătrunderilor adînci în incinta unor combinate industriale sau oraşe cu mare densitate de consum. Aceste staţii permit o execuţie uşoară şi o exploatare adesea fără personal permanent (fig. 5).

Echipamentul necesar staţiilor electrice, importat iniţial din străinătate, a fost asimilat treptat de industria electrotehnică din ţară, astfel : cel pînă la 110 kV inclusiv — începînd din anul 1956, cel de 220 kV — din 1966 iar cel de 400 kV — din 1970.

Linii electrice

Liniile de transport şi distribuţie a energiei electrice au fost realizate în marea lor majoritate aerian. Costul specific al cablurilor, de 5–8 ori mai mare decît al liniilor

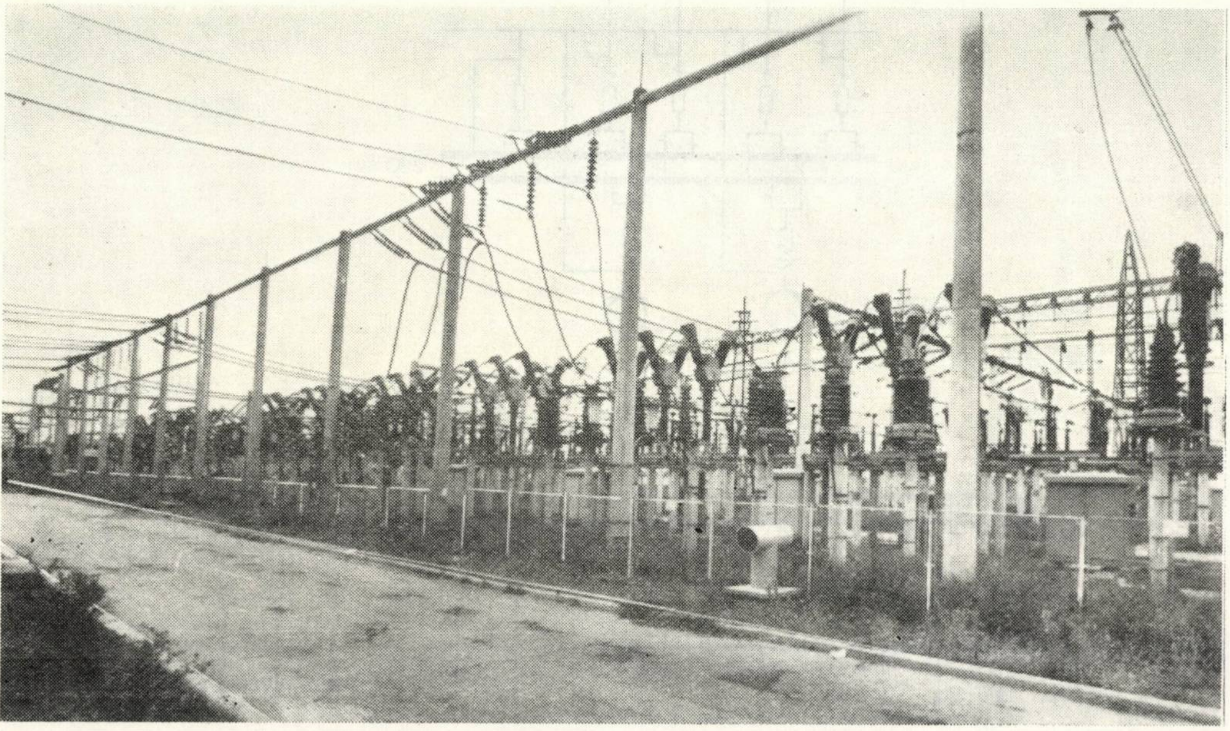


Fig. 5. Staţia de transformare şi conexiuni de la CET Bucureşti-Sud.

electrice aeriene, a determinat instalarea cablurilor numai pe traseele pe care construirea liniilor aeriene nu era posibilă (zone cu mare densitate de construcţii, sau interioare pentru linii aeriene).

Liniile electrice aeriene, difernţiate constructiv după treptele de tensiune, au fost realizate, pentru toate tensiunile (cu excepţia celor de 400 kV), cu simplu circuit (trei conductoare sau fascicul de conductoare) sau cu dublu circuit (şase conductoare sau fascicul de conductoare). Liniile cu mai mult de două circuite, întrucît prezintă construcţii speciale, cu costuri mai ridicate, s-au practicat numai în cîteva cazuri excepţionale, cum ar fi ieşirile liniilor din marile centrale electrice (de exemplu, la CET Bucureşti-Sud).

Studiile şi analizele întocmite au condus la următoarele criterii pentru alegerea parametrilor constructivi ai liniilor :

— pentru liniile de 110 şi 220 kV, dacă pe acelaşi traseu este necesar iniţial un circuit, iar după 4—6 ani al doilea circuit, soluţia economică este realizarea liniei pentru dublu circuit (cu un circuit echipat iniţial) ; dacă al doilea circuit este necesar după o perioadă mai mare de 6 ani, soluţia economică este construirea de linii cu simplu circuit în etapele în care ele apar necesare ;

— pentru liniile de 400 kV, costurile ridicate ale liniilor cu dublu circuit (o linie cu dublu circuit este practic egală cu două linii cu simplu circuit) au impus realizarea construcţiilor cu un singur circuit.

Aceleaşi criterii economice se aplică şi în situaţia în care pe un traseu apare necesară, în prima etapă, o linie de 220 kV cu dublu circuit (eventual echipată cu un circuit iniţial), iar ulterior o linie de 400 kV. Dacă etapa apariţiei liniei de 400 kV se estimează a fi la un interval de 7—8 ani, soluţia economică ce se impune este realizarea de la început a unei linii de 400 kV, exploatată în prima etapă la tensiunea de 220 kV. Prin această soluţie se evită construirea mai multor linii pe acelaşi traseu (de exemplu : liniile Slatina — Bucureşti, Bucureşti—Galaţi, Luduş—Slatina etc.).

Pentru tipizarea conductoarelor necesare liniilor s-au întocmit studii care au permis o anumită unificare a secţiunilor.

La echiparea liniilor electrice aeriene au fost utilizate exclusiv conductoare de oţel-aluminiu, cu raportul între secţiunea de oţel şi cea de aluminiu de 1/6 ; în cazuri excepţionale, impuse de teren sau de condiţiile meteorologice, s-au adoptat secţiuni întărite, la care acest raport este cuprins între 1/4 şi 1/1. În reţeaua de 110 kV, liniile au fost echipate cu conductoare de 150—300 mm^2 OL—Al. Pentru tensiunile de 220 şi 400 kV, calculele tehnice au condus la soluţia unei singure secţiuni de 450 mm^2 OL—Al, construcţia liniilor de 220 kV realizîndu-se cu un singur conductor pe fază, iar a liniilor de 400 kV cu două conductoare pe fază.

Liniile de 110—220 kV şi 400 kV sînt echipate cu conductor de protecţie pe toată lungimea lor. Secţiunile conductoarelor de protecţie, determinate de condiţii de rezistenţă mecanică, sînt în general de 50—70 mm^2 oţel la liniile de 110 kV şi 70—95 mm^2 oţel la liniile de 220 şi 400 kV. Pentru reducerea tensiunilor induse în liniile de telecomunicaţii în caz de scurtcircuit, şi pentru a ţine seama de solicitările termice respective, s-au adoptat, pe unele porţiuni de linii, în locul conductoarelor de protecţie din oţel, conductoare din oţel-aluminiu, cu un raport între secţiunea de oţel şi cea de aluminiu de 1/2 sau 1/1.

Izolaţia liniilor electrice aeriene de 110—400 kV a fost realizată cu lanţuri formate din elemente din porţelan atît de tip capă şi tijă, cît şi de tip tijă. Utilizarea elementelor capă şi tijă este larg răspîndită, elementele tip tijă fiind limitate la zonele poluate.

Pe baza cercetărilor făcute în scopul determinării materialului şi a tipului constructiv optim pentru stîlpi — elemente determinante în obţinerea de economii atît la construcţia, cît şi în exploatarea unei linii — în anul 1952 s-a decis introducerea betonului armat la construcţia stîlpilor liniilor electrice aeriene pînă la 110 kV inclusiv. Datorită calităţilor superioare ale betonului, precum şi posibilităţii de realizare a unei forme elegante şi economice, s-a preferat soluţia betonului centrifugat. Forma tubulară, datorită centrifugării, are avantajul unor momente de inerţie maxime pentru aceeaşi suprafaţă a secţiunii şi nu prezintă muchii ascuţite care se pot degrada în timpul transportului şi manipulării. La liniile de 220 şi 400 kV utilizarea betonului armat nu s-a extins datorită dimensiunilor şi greutăţilor mari, care creează dificultăţi la manipulare, transport şi ridicare. Construcţia stîlpilor acestor linii este realizată din bare laminate din oţel, sudate în subansambluri sau bulonate, protejate prin zincare sau vopsire (fig. 6).

La alegerea dispoziţiei conductoarelor pe stîlpi, aşezarea denivelată a fazelor s-a folosit numai pentru liniile pînă la 110 kV inclusiv ; pentru tensiunile de 220 şi 400 kV s-a adoptat aşezarea conductoarelor numai în plan orizontal, soluţie care evită atingerea între conductoare în dans sau la descărcarea de chiciură. O excepţie de la aceste principii o constituie liniile de 220 kV cu dublu circuit pentru care, în scopul evitării unei construcţii spaţiale de lăţime prea mare, s-a acceptat aşezarea conductoarelor în hexagon. Soluţiile constructive, în general tipizate, au fost periodic restudiate şi optimizate, introducîndu-se treptat elemente noi, ca : profile cu aripi subţiri, oţeluri superioare etc. Această preocupare permanentă a permis

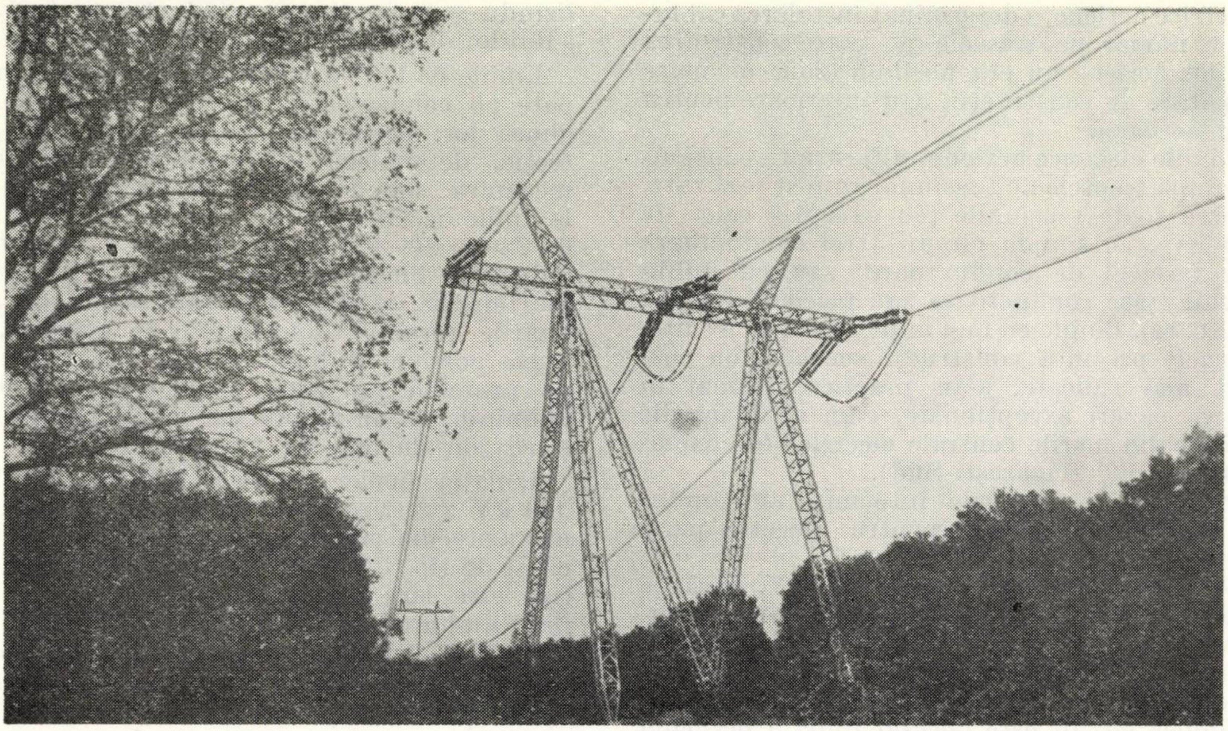


Fig. 6. Stîlp portal de 400 kV.

o scădere continuă a consumurilor de metal (fig. 7).

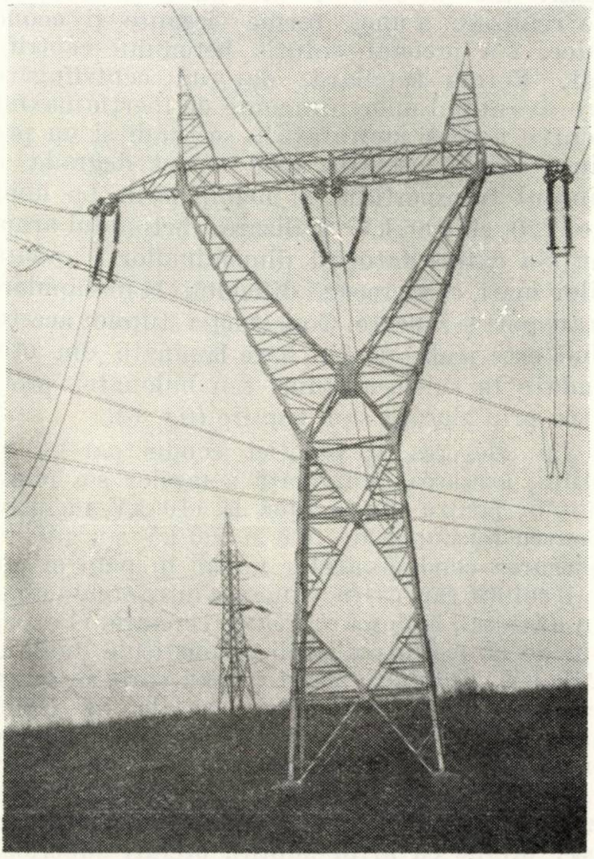


Fig. 7. Stîlp pentru linie de 220 kV.

În scopul reducerii costului investiţiilor precum şi a consumului de materiale, în specia a consumului de metal, au fost utilizate următoarele mijloace:

— obţinerea unor informaţii mai complete şi sistematice privind condiţiile meteorologice reale din ţara noastră;

— optimizarea constructivă a tipurilor de stîlpi;

— optimizarea numărului tipurilor de stîlpi şi a amplasării lor pe teren.

Toate aceste preocupări au condus la o reducere medie cu circa 4% a costurilor totale ale

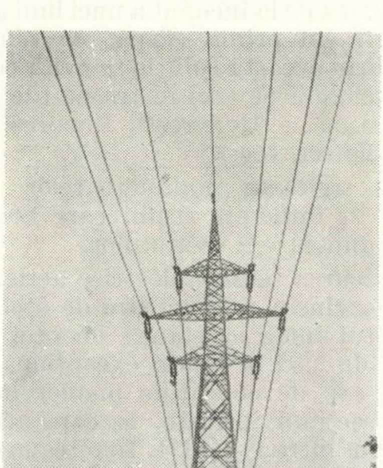


Fig. 8. Stîlp pentru linie de 110 kV cu dublu circuit.

iniilor în perioada 1964—1970. Economia a fost realizată însă numai în domeniul stîlpilor și al fundațiilor, singurele elemente constructive ale liniilor care pot fi îmbunătățite prin proiectare; reducerea medie realizată la aceste elemente este deci de circa 10%. Echipamentul liniilor (conductoare, izolatoare) este impus de condițiile electrice (tensiune, putere transportată etc.), posibilitatea de acționare asupra acestuia fiind mult redusă. Corelat cu aceste reduceri de preț s-au redus și consumurile de materiale, în special cel de metal, în perioada 1966—1970 acest consum scăzînd cu 7—18%.

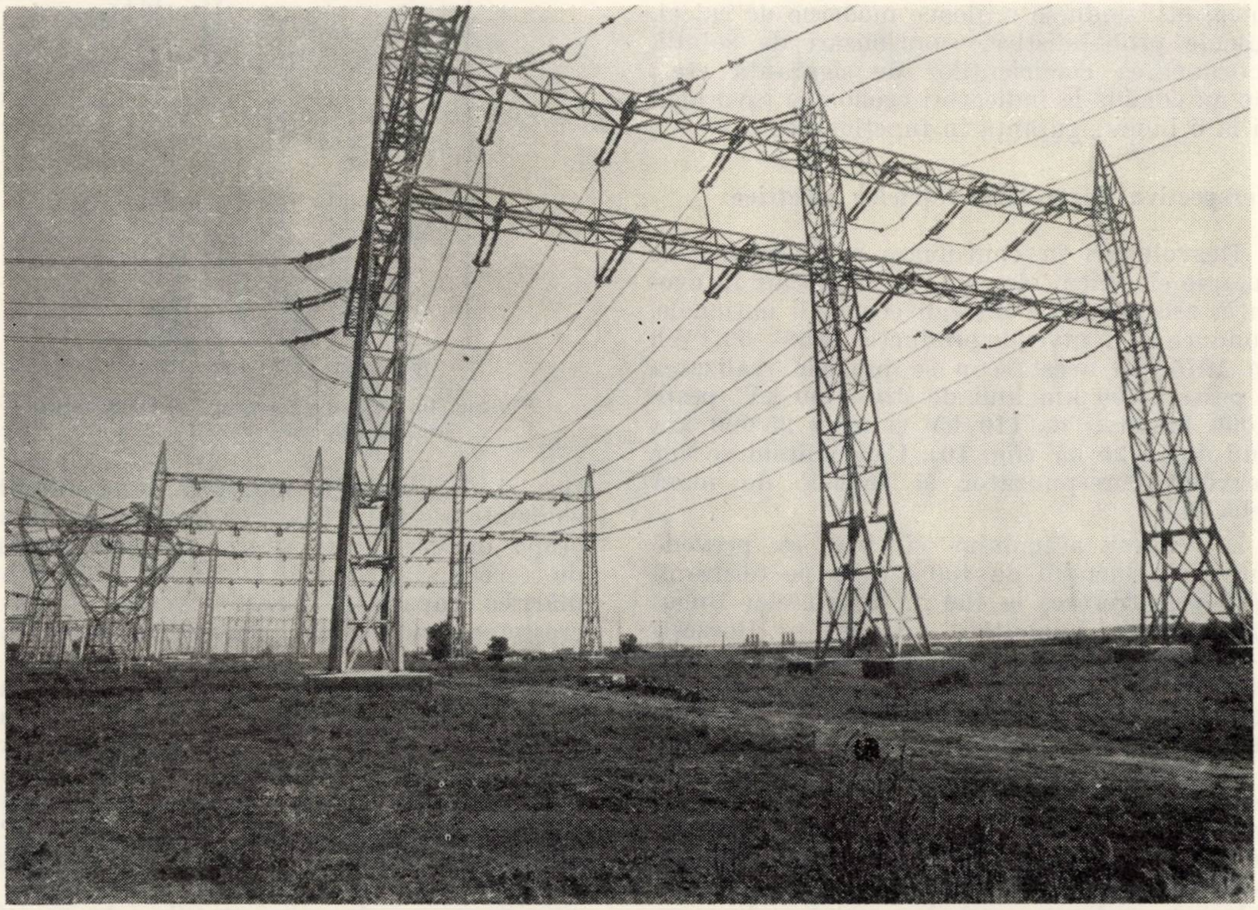


Fig. 9. Cadre pentru racordarea liniilor de 220 kV la stația București-Sud.

Soluțiile constructive pentru fundațiile liniilor electrice aeriene au fost definitivate ținînd seama de solicitări, de posibilitățile de execuție și de specificul României în ceea ce privește amplasarea surselor de balast, nisip și apă. De la an la an construcția fundațiilor s-a simplificat, permițînd scăderea consumului de materiale și a costurilor. Pentru terenuri cu caracteristici medii, soluțiile de fundare utilizate în general sînt: la liniile de 110 și 220 kV fundațiile monolit, turnate la fața locului, iar la liniile de 400 kV fundațiile prefabricate (fig. 8).

În condițiile speciale din România, cu teritoriul împărțit în două prin lanțul Munților Carpați, cu relief variat și brăzdat de rîuri importante, s-a impus pentru multe linii de foarte înaltă tensiune adoptarea unor soluții speciale.

Traversările Dunării cu linii de 110, 220 și 400 kV au făcut obiectul unor studii tehnico-economice speciale, soluția în cablu sau în linie aeriană fiind determinată în principal de configurația locală a malurilor. Un exemplu de traversare aeriană este interconexiunea de 220 kV dintre România și Bulgaria, realizată cu simplu circuit, cu deschiderea de traversare de 1050 m, după schema: stîlp terminal — doi stîlpi de susținere — stîlp terminal. Traversarea este executată cu trei conductoare din bronz-oțel 400/195 mm^2 și două conductoare de protecție din oțel galvanizat cu secțiunea de 200 mm^2. Stîlpii de traversare au următoarele înălțimi: cel de pe malul României 140 m, iar cel de pe malul Bulgariei 95 m. Stîlpii terminali ai traversării sînt realizați din trei elemente separate de 20 m înălțime. Fundația stîlpului de susținere de pe malul românesc este supraînălțată cu 12 m deasupra terenului, deoarece se află amplasată pe locul lacului unei viitoare hidrocentrale.

La centralele termoelectrice amplasate în zone aglomerate, în cadrul sistematizării urbanistice s-au obținut cu mare greutate culoare pentru plecările de linii. Pentru a se putea instala mai multe linii într-un culoar de lărgire limitată, s-a recurs la cadre cu mai multe circuite suprapuse. La centrala de termoficare București-Sud au fost realizate astfel de cadre pentru opt circuite pe o lungime de circa 2 km (fig. 9).

Soluțiile tehnice adoptate la construcția stațiilor și liniilor electrice aeriene au fost fundamentate de numeroase studii tehnico-economice, utilizîndu-se mijloace moderne de calcul, calcule probabilistice, optimizări de soluții, coordonarea coeficienților de siguranță etc.; ele au condus la indicatori economici favorabili și la o bună siguranță în funcționare.

Perspectiva dezvoltării rețelelor electrice

Dezvoltarea în continuare a producției de energie electrică, element de neînlocuit în evoluția ascendentă a întregii economii naționale, conduce la un nivel de producție de 58—59 TWh în 1975. În acest scop se prevede realizarea a peste 2 700 km linii de 220—400 kV, peste 4 000 km linii de 110 kV și circa 25 000 km linii de 1—20 kV (fig. 10). Concomitent se vor dezvolta corespunzător și rețelele de joasă tensiune.

În cursul actualului cincinal se prevede întregirea inelului de 400 kV de pe teritoriul țării prin trecerea la 400 kV a arterelor București — Gura Ialomiței — Galați — Borzești — Brașov — Mintia și Sibiu — Arefu — Slatina, precum și realizarea unor noi artere de 220 kV. Pentru realizarea acestor obiective în condițiile unei eficiențe economice sporite și a aplicării tehnicii moderne se prevăd o serie de cercetări și asimilări de soluții și tehnologii noi. Astfel, pentru construcția liniilor electrice aeriene de 110—400 kV se preconizează introducerea unor aliaje de aluminiu la conductoare (Alcoro), realizarea stîlpilor metalici din corniere cu aripi subțiri de mare eficiență, utilizarea pe scară largă a izolatoarelor de sticlă, folosirea oțelului superior pentru elementele stîlpilor, extinderea prefabricării și mecanizării în executarea fundațiilor.

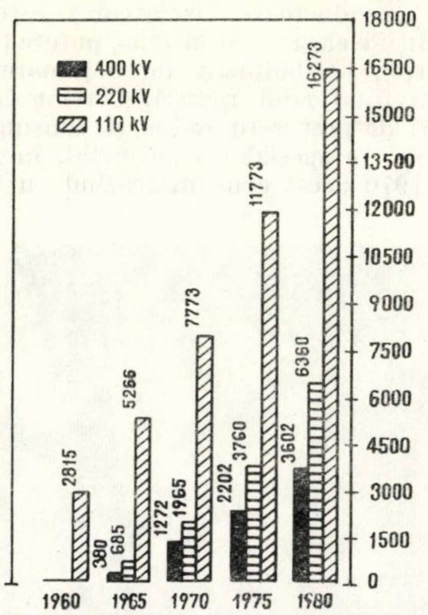


Fig. 10. Evoluția liniilor electrice din România în anii 1960—1980, km.

Pentru liniile de medie tensiune se prevede optimizarea stîlpilor care să țină seamă de utilizarea izolatoarelor greu străpungibile sau nestrăpungibile, de folosirea conductoarelor OL—Al și Alcoro, de folosirea izolației elastice și de corelarea mecanică între diferitele elemente ale liniei electrice aeriene. În această etapă de dezvoltare se va continua acțiunea de trecere a rețelelor de 15 kV la 20 kV, pentru mărirea capacității acestor rețele și pentru creșterea gradului de siguranță în alimentarea consumatorilor.

În rețelele aeriene de joasă tensiune, a căror dezvoltare în cincinalul 1971—1975 se prevede a fi de circa 45 000 km, se preconizează o serie de măsuri pentru optimizarea stîlpilor, reducerea consumului de metal, utilizarea unor conductoare de construcție împletită, izolate în PVC atît pentru rețele cît și pentru branșamente.

Se prevede, de asemenea, simplificarea în continuare a schemelor stațiilor de transformare, în condițiile unei siguranțe superioare, extinderea gradului de tipizare și prefabricare, reducerea terenului ocupat și a volumului de construcție, extinderea miniaturizării și a schemelor bloc în circuitele de comandă-control

◆

ROMÂNIA ÎN CADRUL COOPERĂRII ENERGETICE INTERNAŢIONALE

Alexandru Vlad,
adjunct şef secţie energie electrică şi energie nucleară din Consiliul de Miniştri

Prezenţa României în schimburile şi activitatea organismelor energetice internaţionale

În cadrul politicii sale de lărgire a schimburilor economice reciproc avantajoase cu toate statele, indiferent de orînduirea lor social-politică, România întreţine astăzi relaţii comerciale cu 110 ţări.

O cotă foarte importantă din volumul comerţului exterior al României o reprezintă schimburile cu ţările socialiste. Din aceste ţări au fost achiziţionate, între altele, echipamente pentru construirea unor mari centrale ale sistemului energetic naţional. Astfel, din Cehoslovacia au fost achiziţionate echipamente şi utilaje pentru centralele Luduş, Rovinari etapa I, Bicaz etc., iar din Uniunea Sovietică pentru centralele Deva, Brazi, Borzeşti, Porţile de Fier (primele trei grupuri) şi altele.

În acelaşi timp, România şi-a dezvoltat relaţiile comerciale energetice şi cu alte ţări, în special din Asia şi Africa, furnizîndu-le unele echipamente şi acordîndu-le asistenţă tehnică de specialitate pentru proiectarea şi executarea instalaţiilor respective. Pe această linie se pot cita livrările de echipament pentru centrale electrice şi acordarea de asistenţă tehnică în China, India şi Republica Arabă Unită, precum şi pentru staţii şi posturi de transformare în Cuba, Iran şi Pakistan. În prezent sînt în curs de dezvoltare atît relaţiile cu parteneri mai vechi, în special cu Iranul, cît şi cu alţi perteneri.

România este membră a unor organisme internaţionale cu caracter energetic : Conferinţa Mondială a Energiei, Conferinţa Internaţională a Marilor Reţele Electrice, Agenţia Internaţională a Energiei Atomice de la Viena, Comisia Internaţională a Marilor Baraje etc. şi face parte dintr-o serie de importante organisme economice cu largi preocupări energetice, cum sînt : Consiliul de Ajutor Economic Reciproc, Comisia Economică O.N.U. pentru Europa şi altele, în cadrul cărora România are o participare activă contribuind la dezbaterea şi soluţionarea problemelor. Strîns legată de această activitate este şi dezvoltarea permanentă a colaborării prin schimburi de informaţii şi de experienţă, ca şi prin călătorii de studii şi specializare.

Cu toată activitatea intensă desfăşurată de România şi de alte state, se poate afirma că cooperarea în domeniul energetic este încă departe de gradul care să asigure rezolvarea în cele mai bune condiţii a numeroaselor şi complexelor probleme ce confruntă astăzi energetica mondială.

După cum se ştie, ritmul mediu actual de creştere a necesarului de energie electrică pe plan mondial corespunde unei dublări la fiecare zece ani. „Foamea" de energie electrică ce se manifestă pretutindeni şi în toate domeniile de activitate va spori sau, în orice caz, va menţine acest ritm de creştere şi în următorii ani. Susţinerea ritmului înalt de creştere a necesarului de energie electrică impune, pe de o parte, valorificarea tot mai raţională şi mai economică a resurselor energetice cunoscute, prospectarea şi inventarierea din ce în ce mai exactă a resurselor primare de energie, construirea sistematică de noi instalaţii electroenergetice sau extinderea celor în funcţiune, precum şi funcţionarea în cele mai sigure şi economice condiţii a instalaţiilor electroenergetice. Rezolvarea acestor probleme necesită un volum enorm de studii şi cercetări atît pentru stabilirea unor noi soluţii sau îmbunătăţirea celor existente — pentru toate fazele tehnologice ale procesului de producţie a energiei electrice şi pentru materialele, utilajele şi instalaţiile necesare — cît şi pentru funcţionarea economică şi sigură a instalaţiilor electroenergetice în ansamblul lor.

În prezent se poate spune că cooperarea în domeniul electroenergetic se dezvoltă în mod satisfăcător doar pe linia funcţionării instalaţiilor, respectiv a schimburilor de putere şi energie electrică între diferitele sisteme electroenergetice naţionale.

În Europa, această cooperare este reprezentată, după cum se ştie, de „optul electric" (UCPTEE), înfiinţat în 1951, din care fac parte Belgia, Olanda, Luxemburg, R.F.G., Franţa, Italia, Austria şi Elveţia, şi de „Uniunea sistemelor electroenergetice ale ţărilor est-europene" membre ale C.A.E.R., înfiinţată în 1960, din care fac parte : Bulgaria, Cehoslovacia, R.D. Germană, Polonia, România, Ungaria şi U.R.S.S. şi care reprezintă, de fapt, interconectarea sistemelor de 400 kV ale primelor şase ţări cu sistemul de 400 kV al U.R.S.S. din Ucraina apuseană (fig. 1).

Cooperarea dintre cele două grupuri a devenit pe parcurs mai largă, în sensul că ţările din „optul electric" au realizat legături şi cu Spania, Danemarca, Anglia şi Iugoslavia, iar cele din cadrul C.A.E.R. cu Iugoslavia şi Austria.

Pe linia aceluiaşi gen de cooperare mai pot fi citate legăturile dintre puternicele sisteme ale S.U.A. şi Canadei.

Necesităţile de ordin tehnic şi economic ale ţărilor interesate vor conduce, desigur, şi în următorii ani la intensificarea legăturilor electrice dintre sistemele naţionale, la lărgirea cooperării electroenergetice internaţionale de acest fel. condiţiilor de funcţionare în aşa fel, încît aceasta să fie avantajoasă pentru fiecare dintre parteneri.

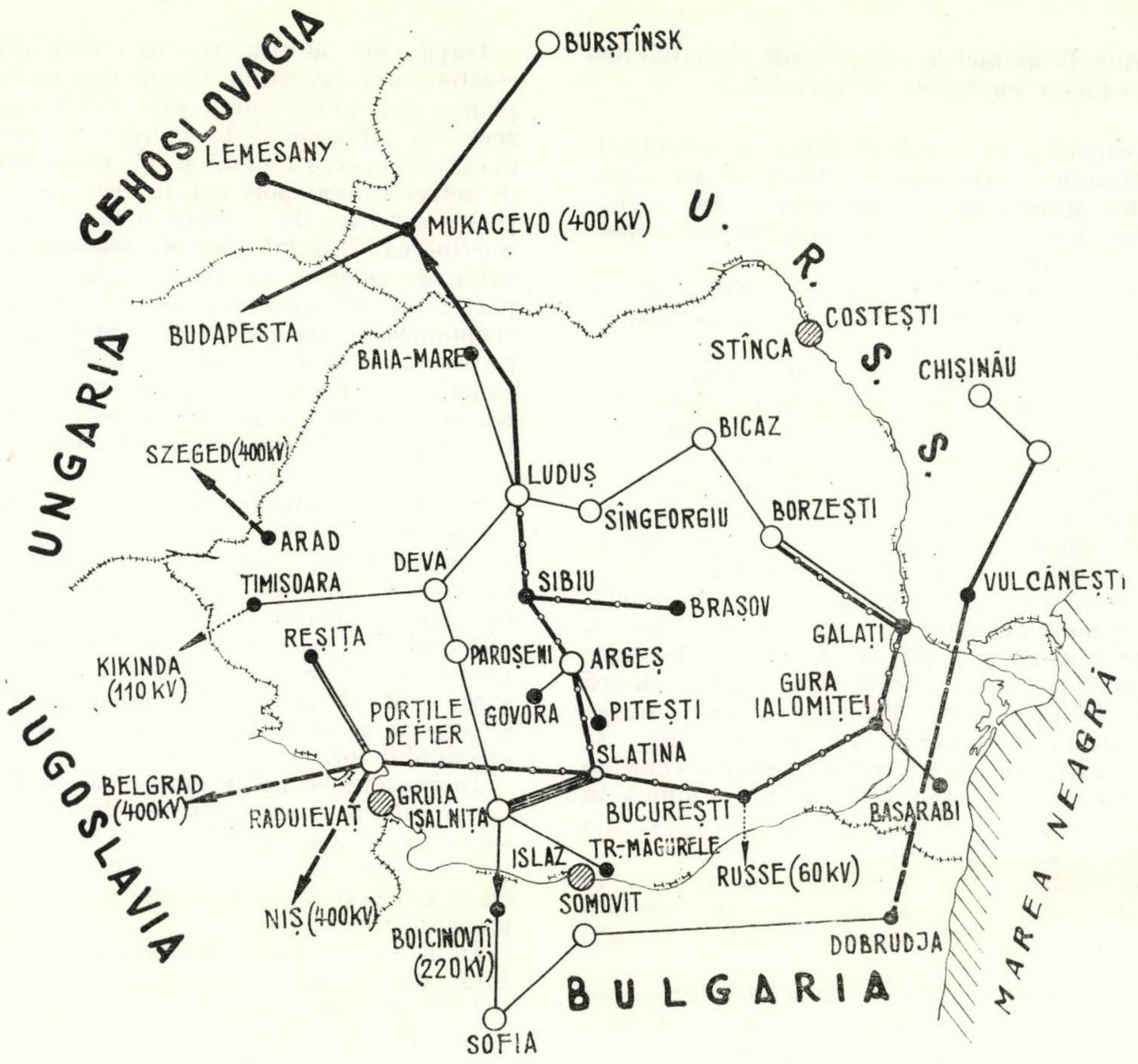

CEHOSLOVACIA
BURŞTÎNSK
LEMESANY
MUKACEVO (400 KV)
U. R. S. S.
BUDAPESTA
BAIA-MARE
UNGARIA
COSTEŞTI
STÎNCA
CHIŞINĂU
BICAZ
SZEGED(400kV)
LUDUŞ
SÎNGEORGIU
BORZEŞTI
ARAD
DEVA
TIMIŞOARA
SIBIU
BRAŞOV
VULCĂNEŞTI
GALAŢI
REŞIŢA
PAROŞENI
ARGEŞ
KIKINDA (110 kV)
GURA IALOMIŢEI
PORŢILE DE FIER
GOVORA
PITEŞTI
SLATINA
IUGOSLAVIA
BELGRAD (400kV)
RADUIEVAT
GRUIA
IŞALNIŢA
BUCUREŞTI
BASARABI
MAREA NEAGRĂ
ISLAZ
TR.-MĂGURELE
RUSSE (60 kV)
SOMOVIT
NIŞ (400kV)
BOICINOVŢI (220kV)
DOBRUDJA
BULGARIA
SOFIA

Fig. 1. Interconectarea sistemului electroenergetic al României cu sistemele ţărilor vecine.

━━━ linii de 400 kV

━○━○━ linii de 400 kV funcţionînd temporar la 220 kV

— — — linii de 400 kV în construcţie

─── linii de 220 kV

○ staţii electrice

┈┈┈ linii electrice de interconexiune locală

○ centrale electrice

▨ amenajări hidroenergetice în proiect

Interconectarea sistemului electroenergetic al României cu sistemele ţărilor vecine

Fără îndoială, una dintre formele cele mai eficiente de cooperare energetică între ţări este funcţionarea în paralel a sistemelor electroenergetice naţionale, ceea ce oferă un larg cîmp de valorificare tehnică şi economică a

Principalele avantaje ale acestui mod de cooperare energetică sînt următoarele:

— Datorită regimurilor diferite de consum şi poziţiei geografice a fiecărei ţări (respectiv datorită fusurilor orare diferite), vîrfurile de sarcină ale sistemului interconectat sînt mai mici decît suma vîrfurilor de sarcină a fiecărui sistem în parte. De asemenea, frecvenţa maximă a avariilor la diferitele categorii de instalații este diferită în fiecare țară.

Ca urmare a faptului că nici vîrfurile de sarcină și nici frecvența maximă a avariilor nu sînt simultane, acești factori creează posibilitatea reducerii rezervelor de putere în cazul funcționării în paralel față de cazul funcționării izolate a fiecărui sistem, respectiv reducerea investițiilor corespunzător micșorării puterii instalate de rezervă în centralele fiecărei țări.

— Funcționarea în paralel a sistemelor energetice oferă posibilitatea sporirii siguranței în funcționare a fiecărui sistem național prin folosirea ajutorului de avarie, evitîndu-se astfel pierderile economice care s-ar înregistra în cazul limitării puterilor absorbite de consumatori.

— Funcționarea în paralel este caracterizată, de asemenea, printr-o stabilitate mai mare a frecvenței, ceea ce face posibilă instalarea de grupuri mari în centrale, conducînd implicit la reducerea investițiilor, a consumurilor specifice și a cheltuielilor de exploatare.

— Funcționarea în paralel a sistemelor poate conduce la un minim de pierderi de transport, permițînd în același timp extinderea diferitelor sectoare naționale de rețea, ținînd seama de poziția diferitelor centrale, indiferent de țara în care acestea sînt amplasate. Evident, luarea în considerare a acestei situații poate duce la reducerea cheltuielilor de exploatare și a costurilor de instalare a rețelelor.

— În același timp, diferite situații (regimul unor centrale hidroelectrice în funcție de condițiile meteorologice mai favorabile, scurtarea duratei de reparație sau intrarea din nou în funcțiune, în avans, a unor mari unități producătoare etc.) pot conduce la apariția unor excendente de putere, la unii parteneri, în anumite perioade. Funcționarea în paralel a sistemelor permite utilizarea economică a acestor excendente.

Experiența de pînă acum a funcționării în paralel a sistemelor naționale a arătat că este indicată existența unor legături puternice de înaltă și foarte înaltă tensiune, care creează condițiile valorificării maxime a avantajelor interconectării, în primul rînd prin posibilitatea garantării schimburilor de putere și energie contractată, iar în al doilea rînd, prin posibilitatea dezvoltării acestor schimburi în funcție de apariția unor condiții favorabile la unul dintre parteneri. Costul acestor legături puternice poate fi compensat prin reducerea puterilor instalate în centrale, evident, în cadrul unor reglementări contractuale care să garanteze reciproc puterile de schimb și cele de ajutor de avarie.

Interconectările dintre sistemul energetic al României și al țărilor vecine s-au făcut în cadrul unor convenții de livrare sau de schimb de putere și energie electrică, tranzit de energie electrică, schimb local sau livrare de energie în zona de graniță. Legăturile actuale de cooperare electroenergetică ale sistemului român cu sistemele țărilor vecine sînt arătate în figura 1.

Prima realizare în domeniul cooperării electroenergetice a României datează din anul 1950, cînd a fost pusă în funcțiune o legătură directă de 60 kV între CTE Grozăvești (București) și stația Russe (Bulgaria). Această legătură a permis livrarea din România, în zona de graniță a Bulgariei, a unei puteri de 8—10 MW, cu traversarea în cablu de 60 kV a Dunării, la Giurgiu.

Ulterior, în anul 1967, s-a intensificat cooperarea dintre sistemele electroenergetice ale României și Bulgariei prin punerea în funcțiune a legăturii de 220 kV dintre CET Craiova (România) și stația de 220 kV Boicinovți (Bulgaria).

În 1963, prin punerea în funcțiune a liniei de 400 kV Luduș (România)—Mukacevo (U.R.S.S.) — Lemesany (Cehoslovacia) s-a realizat legătura necesară furnizării de energie electrică în Cehoslovacia, respectiv interconectarea sistemului energetic al României la sistemul de 400 kV al țărilor est-europene membre ale C.A.E.R.

Cu Iugoslavia, cooperarea electroenergetică este marcată în prezent printr-o legătură locală de 110 kV, construită în anul 1964, între Timișoara (România) și Kikinda (Iugoslavia) și în viitorul apropiat prin punerea integrală în funcțiune a celor două centrale de cîte 1050 MW fiecare, de pe Dunăre, la Porțile de Fier, ceea ce deschide perspectiva realizării de noi legături de interconexiune cu sistemul electroenergetic iugoslav, la tensiunea de 400 kV.

Prin legăturile de interconexiune menționate, în decursul anilor de cooperare între România și vecinii săi au avut loc schimburi importante de energie electrică. La început aceste schimburi au avut numai un caracter planificat, iar din anul 1963 s-a prevăzut și posibilitatea schimburilor neplanificate pentru eventualitatea apariției unor situații speciale în exploatarea centralelor unuia dintre parteneri.

În graficul din figura 2 este înfățișată evoluția schimburilor de energie ale României cu vecinii săi — atît cele planificate, cît și cele neplanificate — pentru perioada 1963 — 1970.

Coordonarea funcționării în paralel a sistemelor electroenergetice ale țărilor membre C.A.E.R. se realizează prin Direcția Centrală de Dispecer (DCD), organ internațional care funcționează la Praga, fiind subordonat Consiliului Dispeceratului Central, format din reprezentanți ai tuturor țărilor participante la interconexiune.

Funcționarea în paralel a sistemelor țărilor membre C.A.E.R. se bazează pe principiul realizării puterilor stabilite prin acorduri între țările participante și al ajutorului reciproc în caz de avarii.

Într-o primă etapă reglarea frecvenței a fost încredințată sistemului Cehoslovaciei, celelalte sisteme fiind obligate să mențină puterile de schimb la nivelul acordurilor, cu toleranțe variind între ± 3 MW și ± 25 MW, după posibilitățile fiecărui sistem național. Toleranța variațiilor de frecvență a fost stabilită la $\pm 0{,}2$ Hz.

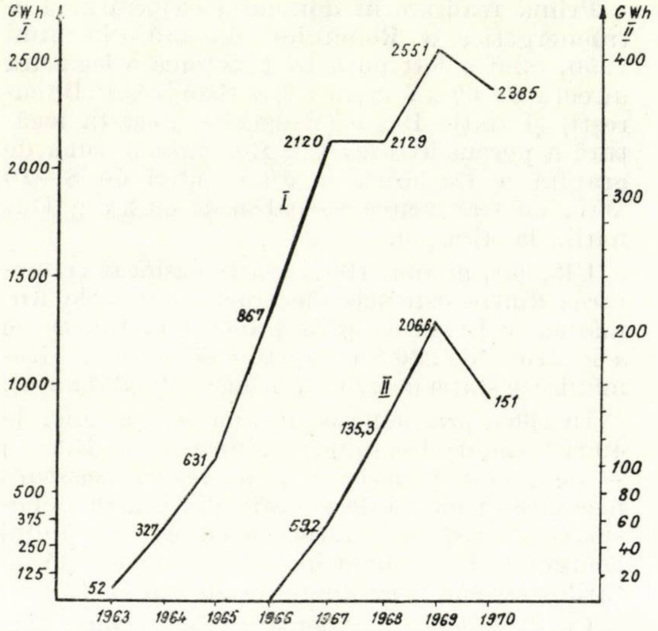


Fig. 2. Cooperarea în domeniul schimburior de energie electrică :

I — schimburi planificate ; *II* — schimburi neplanificate.

Datorită faptului că sistemul Cehoslovaciei este relativ slab, în comparație cu puterile racordate la sistemul interconectat, s-a trecut la aplicarea altei metode, și anume : Cehoslovacia continua să regleze frecvența — de data aceasta într-o bandă mai îngustă : + 0,05 Hz și — 0,1 Hz — iar atunci cînd frecvența ieșea din această plajă, toți partenerii erau obligați să participe solidar la reglarea frecvenței, prin introducerea în programele puterilor de schimb a unor corecții rezultate din formula :

$$\Delta P = -K\Delta f,$$

în care

ΔP este corecția puterii de schimb, MW ;
K — coeficientul de statism al sistemului național respectiv, MW/Hz ;
Δf — abaterea frecvenței, Hz.

Cu toate că funcționarea sistemului în baza acestui principiu de reglare a frecvenței a dat rezultate mai bune, totuși, datorită faptului că nu existau repere sigure pentru a se aprecia dacă fiecare partener și-a îndeplinit rolul în mod corespunzător, a fost abandonată și această metodă.

În prezent sistemul funcționează pe baza unui principiu unitar de reglare a puterii și frecvenței, pentru toți partenerii. După admiterea de către toți partenerii a bandei variațiilor libere de frecvență la valorile +0,05 Hz și — 0,1 Hz, fiecare partener este obligat să respecte puterea de schimb convenită, cu toleranțele de mai sus pentru frecvență. În cazul în care frecvența iese din plaja variațiilor libere, fiecare partener este obligat să-și corecteze puterea de schimb cu produsul dintre coeficientul K de statism al sistemului respectiv și abaterea frecvenței.

În același timp sînt prevăzute penalizări pentru depășiri ale graficului de import la o frecvență sub valoarea minimă admisibilă de 49,7 Hz, precum și stimulente corespunzătoare pentru partenerii care depășesc graficul de export la frecvența minimă admisibilă.

Pentru a se frîna tendința exportului peste prevederi, atunci cînd apar disponibilități la unii parteneri, s-a introdus un sistem de penalizări pentru livrările de energie nesolicitate, respectiv la depășirea frecvenței de 50,04 Hz. Se aplică penalizări și pentru nerespectarea programului de livrări, respectiv atunci cînd frecvența scade sub 49,7 Hz.

Rezultatele aplicării acestor principii și metode în funcționarea sistemului energetic C.A.E.R. sînt pînă acum corespunzătoare. Din anul 1967 a început să se introducă și reglarea automată a frecvenței și a puterii de schimb.

Sarcina principală a DCD de la Praga este asigurarea funcționării sigure a sistemelor energetice interconectate, prin aplicarea principiilor și metodelor stabilite și convenite de toți partenerii și respectarea acordurilor internaționale privind livrările reciproce de putere și energie electrică. Pentru a se putea realiza în bune condiții această sarcină de bază, DCD trebuie să cunoască în orice moment situația rezervelor de putere, a schemelor de lucru ale interconexiunilor, a sarcinilor pe liniile de transport magistrale ale sistemelor energetice naționale etc., care să-i permită luarea de decizii rapide în vederea stabilirii unor condiții de lucru corespunzătoare pentru diferitele elemente ale sistemului interconectat. Procurarea informațiilor necesare se face prin contacte operative cu dispeceratele centrale ale țărilor participante și prin pregătirea din vreme, periodic, a programelor de cooperare.

Bunele rezultate obținute de România și de vecinii săi prin actualele legături de interconexiune a sistemelor energetice respective au deschis calea a numeroase proiecte de intensificare a cooperării energetice pe această linie, dintre care unele au șanse de realizare chiar în următorii 2—3 ani (fig. 1, liniile întrerupte).

Astfel, ținînd seama că, începînd din anul 1971, pe teritoriul României, în Dobrogea, se construiește o linie de 400 kV avînd ca scop livrarea de energie electrică din U.R.S.S. către Bulgaria, s-au creat condiții favorabile pentru o eventuală interconectare a sistemului energetic român cu cel sovietic din Ucraina de sud-vest.

Recent s-au încheiat tratativele și s-a semnat convenția pentru realizarea, împreună cu Ungaria, a unei linii de interconexiune de 400 kV între Arad și Szégéd, care va permite o lărgire a schimburilor de energie electrică dintre cele două țări, precum și pentru efectuarea unor tranzite de energie electrică din sistemul român în alte țări, prin intermediul rețelei ungare.

Este în curs de încheiere o convenție cu Iugoslavia pentru construcția unei noi hidrocentrale de 440 MW pe Dunăre, în zona localităților Gruia (România) — Raduevaț (Iugoslavia). O dată cu realizarea acestui obiectiv se va crea și posibilitatea unei noi legături de interconexiune, în 220 kV sau 400 kV, între sistemele energetice din această zonă ale celor două țări.

În concepția amenajării potențialului hidroenergetic al Dunării interioare, România și Bulgaria studiază posibilitatea realizării unei a treia centrale hidroelectrice pe Dunăre, în zona localităților Islaz (România) și Somovit (Bulgaria).

De asemenea, se află într-un stadiu avansat tratativele dintre România și U.R.S.S. pentru realizarea pe rîul Prut a unui nod hidrotehnic în zona localităților Stînca—Costești, care, o dată cu funcția principală de irigare a unor mari suprafețe agricole, de ambele părți ale Prutului, va permite și construcția unei centrale hidroelectrice de importanță locală, respectiv și a unei interconexiuni între cele două sisteme electroenergetice.

Pentru viitor există largi posibilități de a continua și intensifica acest gen de cooperare electroenergetică, ale cărei rezultate de pînă în prezent i-au dovedit din plin eficiența.

Necesitatea intensificării cooperării internaționale în domeniul studiilor și cercetărilor

Ritmul de creștere a necesarului de energie electrică implică rezolvarea științifică operativă a unui număr sporit de probleme, în toate fazele tehnologice ale procesului de alimentare a consumatorilor de energie electrică, în condiții de siguranță și de calitate. Rezolvarea rapidă a numeroaselor probleme de o însemnătate deosebită pentru toate țările nu se poate asigura fără folosirea coordonată, pe plan internațional, a forțelor și mijloacelor de studii, cercetare și dezvoltare existente în țările respective.

Un prim pas în această direcție a fost făcut de Conferința de la Paris (iunie 1970) a miniștrilor însărcinați cu problemele științei din statele europene membre ale U.N.E.S.C.O., la care s-a stabilit importanța cercetării fundamentale și s-a făcut o serie de recomandări în vederea lărgirii cooperării internaționale în domeniul tehnico-științific.

Considerăm că multitudinea problemelor și interesul evident al tuturor țărilor pentru rezolvarea lor cît mai rapidă impun atît lărgirea, cît și coordonarea mai strînsă pe plan internațional a activității de studii, cercetare și dezvoltare.

Pentru exemplificare ne vom referi doar la două probleme :

a) În ultimul deceniu, procedeul magnetohidrodinamic (MHD) se arăta foarte promițător. Eforturile depuse de importante grupe de cercetare din țările dezvoltate au arătat însă că rezolvarea problemelor pe care le ridică aducerea la nivel industrial a procedeului MHD, cum sînt : studiile termo-dinamice, geometria tuburilor de conversie, metodele pentru crearea cîmpurilor magnetice în întrefieruri mari, preîncălzirea aerului în jurul temperaturii de 1400—1500°C, materiale conductoare și izolante pentru tuburile de conversie care să lucreze la o temperatură în jur de 2600°C etc. — constituie probleme foarte greu de rezolvat. Aceste grupuri de cercetare apreciază că reușita procedeului MHD, în vederea utilizării lui pe scară industrială, mai necesită încă circa 6—8 ani de lucrări laborioase.

b) După cum se știe, în prezent se poartă discuții ample în legătură cu viitorul transportului energiei electrice prin linii de foarte înaltă tensiune. Limitarea tensiunii de transport înseamnă mărirea numărului de circuite și a secțiunii conductoarelor, iar ridicarea tensiunii de transport înseamnă mărirea înălțimii stîlpilor liniei la dimensiuni care conduc la construcții ancombrante, deosebit de inestetice în peisajul natural. Totuși, se pare că rațiuni tehnice și economice indică drept soluție a viitorului creșterea tensiunii de transport pînă în domeniul 1200—1500 kV.

Interesul pentru astfel de linii, care pot transporta puteri de ordinul a 10 000 MW și mai mari, este în prezent deosebit de mare pentru toate țările cu electroenergetică avansată. Dar acest domeniu de tensiuni pune probleme extrem de numeroase și grele atît din punctul de vedere al funcționării instalațiilor, cît și din punctul de vedere al proiectării și construcției lor. În afară de aceasta, se pare că în acest domeniu se găsește și limita de tensiune peste care costul liniilor aeriene devine complet neeconomic.

În momentul de față este clar că, fără o intensă și aprofundată cercetare științifică a tuturor problemelor și o verificare ,,pe viu'', în laboratoarele uzinale ale organizațiilor electroenergetice, a diferitelor elemente care compun o asemenea instalație, nu se poate spera într-o soluționare corespunzătoare a problemelor, respectiv în posibilitatea introducerii în exploatare a acestor linii în următorii 8—10 ani.

Este suficient să menţionăm că o dată cu aceste linii trebuie studiate şi capacitatea de izolare a aerului, funcţie de condiţiile climatice şi locale, materialele pentru fabricarea utilajelor şi instalaţiilor, utilajele şi echipamentele, concepţia şi bazele proiectării sistemelor şi liniilor, tehnologia de execuţie a instalaţiilor, utilajelor şi echipamentelor, tehnica de exploatare a acestor linii şi a sistemelor care le conţin etc.

În afara acestor două exemple se cuvine să fie amintite cele două probleme fundamentale care nu sînt exclusiv ale energeticii : ,,poluarea'' şi ,,încadrarea instalaţiilor industriale în natură'', probleme care confruntă de fapt dezvoltarea industrială a societăţii moderne.

Contribuţia energeticii la poluarea aerului şi apelor este desigur importantă, dacă ne gîndim la situaţia actuală şi la necesitatea concentrării în viitor, în anumite zone, a unor supercentrale termoelectrice cu puteri de ordinul 3000—5000 MW.

Pe de altă parte, atît centralele gigantice, cît şi liniile de foarte înaltă tensiune care apar o dată cu acestea, pun serioase probleme în legătură cu integrarea construcţiilor respective în peisajul natural.

Omul şi societatea modernă au nevoie din ce în ce mai mult de natură şi, de aceea, protejarea şi conservarea acesteia vor deveni obiective esenţiale şi deseori vor constitui criteriile principale în luarea unor decizii importante privind dezvoltarea industrială.

Problemele de arhitectură a instalaţiilor electroenergetice, ca, de exemplu, la liniile de foarte înaltă tensiune : traseul, geometria şi culoarea stîlpilor, poza conductoarelor, culoarea izolatoarelor etc. vor fi probleme dintre cele mai importante.

Pe această linie amintim că, de altfel, chiar în prezent, în cîteva state, problema protecţiei naturii formează o preocupare specială a guvernelor respective.

Prin exemplele date am intenţionat să arătăm numai dimensiunile cîtorva probleme actuale, de bază, ale electroenergeticii şi importanţa lor. În prezent se cunoaşte cît de mare este numărul şi volumul, precum şi complexitatea problemelor ce sînt de rezolvat pentru toate fazele tehnologice ale procesului de alimentare cu energie electrică a consumatorilor, în condiţii de siguranţă şi de calitate. Această concluzie este valabilă pentru toate activităţile de bază care hotărăsc valoarea instalaţiilor şi funcţionarea lor : proiectarea, execuţia, exploatarea.

Importanţa şi complexitatea sarcinilor, precum şi timpul scurt care ne stă la dispoziţie pentru rezolvarea problemelor respective necesită o cooperare internaţională electroenergetică mai bine organizată şi coordonată, la început cel puţin pentru cîteva dintre obiectivele care prezintă un interes imediat. În acest sens, considerăm că s-ar putea organiza, pe plan mondial sau european, o cooperare între diferite organisme şi unităţi de studii, cercetare şi dezvoltare, care activează în sectorul electroenergetic şi în sectoarele de colaborare cu acesta, în spiritul recomandărilor făcute de Conferinţa de la Paris din anul 1970. În această eventualitate, ar fi necesară mai întîi o inventariere pe principalele faze ale procesului tehnologic de alimentare cu energie electrică — producere, transport şi distribuţie — a problemelor de rezolvat, precum şi definirea obiectivelor şi ordinea necesară de realizare a lor. În al doilea rînd, ar trebui plecat de la stabilirea nivelului atins în cercetarea şi rezolvarea acestor probleme de către fiecare organizaţie de specialitate şi, în fine, pe baza acestor elemente s-ar putea trece la elaborarea unui plan de cooperare în care să fie angrenate unităţile de studii, cercetare şi dezvoltare din sectorul electroenergetic şi sectoarele industriale de colaborare, în special din metalurgie şi construcţia de maşini.

Evident, colectarea informaţiilor necesare şi elaborarea unor astfel de planuri de cooperare necesită acordul părţilor interesate şi o muncă laborioasă în cadrul unei organizaţii internaţionale recunoscută de toate statele care doresc să contribuie în acest fel la rezolvarea cît mai rapidă a problemelor, considerînd că în felul acesta se pot economisi importante forţe şi mijloace prin evitarea paralelismelor şi mărirea substanţială a vitezei de rezolvare a problemelor.

În acelaşi timp trebuie să ne gîndim şi la numeroasele organizaţii internaţionale existente, care lucrează în diferite domenii de bază ale energeticii sau în alte sectoare strîns înrudite cu acesta, la proiectarea, construcţia şi exploatarea utilajelor, echipamentelor şi instalaţiilor energetice. O coordonare generală, prin stabilirea de comun acord a unor obiective şi termene utile de rezolvare sau a unor priorităţi în rezolvarea problemelor, ar da, fără îndoială, un impuls nou şi o mai justă orientare activităţii acestor organisme.

Supunem reflecţiei factorilor de răspundere din organismele de coordonare internaţională aceste cîteva sugestii, în speranţa că luarea în discuţie şi rezolvarea lor ar putea contribui la dezvoltarea electroenergeticii mondiale, cu rezultate favorabile pentru toate statele.

România, ca membră a U.N.E.S.C.O. şi participantă la Conferinţa de la Paris din iunie 1970 — unde a prezentat cîteva propuneri concrete, care au fost reţinute în concluziile şi recomandările făcute — este gata să-şi aducă aportul şi în această problemă, contribuind astfel la intensificarea relaţiilor de colaborare între state şi pe această cale.

◆

PRINCIPALELE ASPECTE ALE EXPLOATĂRII INSTALAȚIILOR ENERGETICE ÎN ROMÂNIA

Cristinel Vîlciu,
adjunct al ministrului energiei electrice

Ritmul intens de dezvoltare a energeticii este nemijlocit legat de faptul că, în epoca noastră, progresul economic și social este condiționat în mod hotărîtor de creșterea consumului de energie sub toate formele ei și îndeosebi a consumului de energie electrică.

O analiză retrospectivă a înfăptuirilor din ultimii 20 de ani de dezvoltare planificată a economiei arată că producția de energie electrică din România a crescut de la 2,1 TWh în 1950 la 35 TWh în 1970, cu un ritm mediu de 15% pentru întreaga perioadă. În același interval de timp ritmul mediu realizat pe plan mondial a fost de circa 8%.

În perioada 1966–1970 producția de energie electrică din România a crescut de la 17,2 TWh la 35 TWh. Dublarea producției de energie electrică în mai puțin de cinci ani, cu un ritm anual de 15,5%, situează România printre țările cu cele mai ridicate ritmuri de creștere a producției de energie electrică. Aceasta a permis să se ajungă de la un consum de 129,5 kWh/locuitor în anul 1950 la circa 1740 kWh/locuitor în anul 1970. De asemenea, în decursul ultimului cincinal producția de căldură prin termoficare a crescut de la 20,5 mil. Gcal în 1965 la circa 44 mil. Gcal în 1970, din care circa 21,9 mil. Gcal livrată din instalațiile Ministerului Energiei Electrice.

Satisfacerea acestor ritmuri înalte de creștere a consumului de energie electrică și termică a impus creșterea corespunzătoare a puterii instalate în centralele electrice, care a ajuns de la 1779 MW în 1960 la 7123 MW în 1970. Numai în perioada 1966–1970 creșterea medie a puterii instalate a fost de 850 MW (tabelul 1).

Tabelul 1

Felul centralelor	Puterea nou instalată, MW					
	1966	1967	1968	1969	1970	1966–1970
Termoelectrice	915	754,2	421	831,7	618	3539,9
Hidroelectrice	317	34	19,8	20	350	740,8
Total	1232	788,2	440,8	851,7	968	4280,7

Din puterea nou instalată în centralele termoelectrice în această perioadă, 30% s-a instalat în centrale noi (CTE Deva, CET Oradea, CET Galați, CET Palas, CET Iași etc.) și 70% în extinderi de centrale existente (CET Craiova, CET București-Sud, CTE Luduș, CTE Sîngiorgiu, CET Borzești etc.).

Ponderea grupurilor termoenergetice cu putere unitară mare a crescut simțitor; astfel, dacă în 1965 puterea totală a grupurilor de 50 MW și mai mari reprezenta 25% din puterea instalată a turbinelor cu abur, în 1970 ea a crescut la 65%. Totodată, puterea celui mai mare agregat s-a dublat, trecînd de la 150 MW în 1964 la 200 MW în 1966 și la 315 MW în 1967.

Dezvoltarea centralelor termoelectrice în această perioadă s-a făcut astfel încît să ducă la creșterea contribuției cărbunilor și la scăderea ponderii hidrocarburilor (tabelul 2).

Tabelul 2

Felul combustibililor	Participarea combustibililor la producerea energiei electrice în centralele electrice, %				
	1965	1966	1967	1968	1969
Cărbuni inferiori	16,0	17,0	17,3	21,1	23,8
Cărbuni superiori	3,6	2,7	3,6	2,4	2,7
Motorină	3,7	2,5	1,4	0,9	0,8
Păcură	1,8	1,1	1,0	0,9	2,0
Gaze naturale	74,2	76,0	76,3	72,7	69,2
Alți combustibili	0,7	0,7	0,4	2,0	1,5

Folosirea grupurilor cu puteri unitare din ce în ce mai mari și cu parametri ridicați a determinat scăderea substanțială a consumului specific de combustibil. După cum se arată în tabelul 3, dacă în anul 1960 pentru producerea unui kWh erau necesare 502 g combustibil convențional, în 1970 acest consum a scăzut la 337,8 g c.c./kWh.

Tabelul 3

	Consumul specific mediu de combustibil				
	1960	1965	1968	1969	1970
g c.c./kWh	502	407	365	352	337,8
kcal/kWh	3514	2848	2555	2464	2365

O contribuție importantă la utilizarea judicioasă a combustibililor a adus-o producerea combinată de energie electrică și de căldură prin termoficare, procedeu ce a fost extins substanțial. În prezent, marile platforme industriale, ca cele de la Borzești, Brazi, Craiova, Govora și altele, sînt alimentate cu căldură din centralele electrice de termoficare amplasate în vecinătate. Puterea instalată în centralele de termoficare a crescut continuu, de la 472 MW în anul 1960 la 2057 MW în 1969, respectiv de la 26,5% la 32% din puterea instalată totală (tabelul 4).

Tabelul 4

Puterea instalată în centrale electrice, MW	1960	1965	1968	1969
Total,	1779	3258	5611	6432
din care :				
— termo	1569	2797	4780	5582
— hidro	210	461	831	850
Din totalul termo :				
— centrale de termoficare	472	1203	1858	2057
— centrale de condensație	765	1274	2534	3137
— alte centrale	332	320	388	388

În ultima perioadă s-a pus un accent deosebit pe construirea de noi hidrocentrale, a căror putere instalată însumează circa 1200 MW la sfîrșitul anului 1970, cu o producție care reprezintă 8,3% din total.

În cadrul amenajării potențialului hidroenergetic al României, în cincinalul 1966—1970 au intrat în funcțiune ultimele trei centrale de pe rîul Bistrița (Vaduri, Bacău I și Bacău II), centrala hidroelectrică Argeș, cu o putere instalată de 220 MW, primele șase centrale în amonte și aval de lacul de acumulare al centralei Argeș.

Intrarea în funcțiune, în anul 1970, a primelor două grupuri de cîte 178 MW fiecare de la Centrala hidroelectrică Porțile de Fier a marcat un salt calitativ și cantitativ pentru hidroenergetica românească. Prin parametrii săi, această centrală electrică, ce urmează a fi dată integral în funcțiune în anul 1971, se situează printre cele mai remarcabile din lume, avînd o putere instalată de peste 2000 MW, din care jumătate instalată în centrala de pe malul românesc.Ea urmează să producă anual, în medie, cîte 5000 GWh pentru fiecare dintre cele două țări participante. În afara importanței sale energetice, Sistemul hidroenergetic și de navigație de la Porțile de Fier reprezintă o soluție tehnică pentru îmbunătățirea radicală a navigației pe Dunăre.

Dezvoltarea continuă a sistemului energetic național și legarea acestuia cu sistemele energetice ale țărilor vecine au impus perfecționarea metodelor și a dotării tehnice care să permită conducerea operativă prin dispecer. În acest scop s-a extins dotarea cu aparataj de telecomunicații, telemăsură și telemecanică de sistem. Astfel, un număr de 26 grupuri cu o putere totală de 1810 MW lucrează în sistemul de reglaj frecvență-putere, asigurînd o bandă mixtă de reglaj de 260 MW.

Utilizarea tehnicii electronice de calcul, prezentă atît în unele centrale termo și hidroelectrice, cît și în dotarea dispecerului național, permite prelucrarea automată a datelor și urmărirea gradului de economicitate a exploatării, precum și efectuarea de calcule necesare în conducerea sistemului energetic.

Cincinalul 1966—1970 a marcat un pas important prin introducerea conducerii automate a cascadei de centrale hidroelectrice de pe rîul Bistrița, la care s-a realizat comanda dintr-un punct de dispecer a celor 12 centrale, asigurîndu-se funcțiile de pornire-oprire și repartizare a puterii între agregate.

Și pe linia funcționării economice au fost obținute rezultate bune, prin efectuarea periodică de măsurători de performanțe la agregate, întocmirea de fișe de regimuri optime, extinderea și îmbunătățirea metodei de analiză prin postcalcul a consumului de combustibil. Toate acestea, alături de punerea în funcțiune a grupurilor de puteri mari și cu performanțe superioare, au condus la scăderea continuă a consumului specific, așa cum se poate constata din figura 1.

În termoficarea urbană s-a urmărit obținerea unei eficiențe optime a surselor existente prin utilizarea integrală a capacităților de bază și prin montarea de boilere suplimentare de vîrf pe prizele industriale cu rezervă de capacitate. De asemenea, au fost îmbunătățite graficele de reglaj termic și hidraulic și au fost efectuate analize, împreună cu consumatorii, pentru punerea la punct a instalațiilor receptoare, astfel încît să preia căldura cu ecartul de temperaturi stabilit prin proiecte.

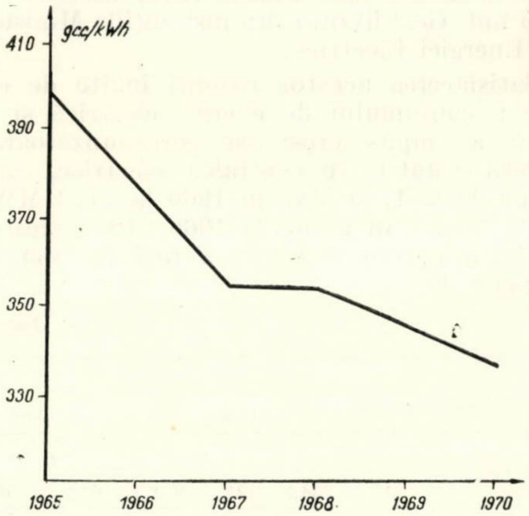


Fig. 1. Evoluția consumului specific brut de combustibil pentru producerea energiei electrice, realizat de centralele termoelectrice ale Ministerului Energiei Electrice în perioada 1965—1970.

În centralele electrice de termoficare industrială a fost îmbunătățită calitatea reglării parametrului aburului livrat, pentru a răspunde cererilor consumatorilor în ceea ce privește constanța parametrilor. De asemenea, luînd în considerare efectele economice ale întreruperilor asupra consumatorilor industriali, au fost reanalizate schemele de alimentare și s-au luat măsuri de modificări și completări în scopul asigurării unui grad de continuitate cît mai ridicat. O atenție deosebită a fost acordată centralelor de termoficare ce deservesc mari platforme industriale, în care, pornind de la analizele proceselor tehnologice, au fost adoptate măsuri care să conducă la ridicarea gradului de siguranță în alimentarea cu energie electrică și termică.

Menținerea capacității de producție a agregatelor și a instalațiilor din centralele electrice a constituit, de asemenea, o preocupare de bază pentru întreprinderile din cadrul Centralei industriale de producere a energiei electrice și termice, prin executarea la timp și de bună calitate a lucrărilor de reparații și întreținere. Ca urmare a măsurilor menționate s-au realizat, pe ansamblul centralelor electrice din sistemul energetic, coeficienți mari de disponibilitate a agregatelor, ceea ce a făcut ca planurile de producție a energiei electrice pentru consumul intern și pentru export să fie realizate și depășite an de an.

Se remarcă faptul că personalul de reparații din centralele electrice, în condițiile montării de agregate de tehnicitate și complexitate din ce în ce mai ridicate, a fost capabil să execute lucrări grele și de mare răspundere. S-a creat astfel un fond de cadre specializate capabile să rezolve cele mai dificile probleme de reparații.

În același timp, ca urmare a extinderii centralelor în funcțiune și a construirii de noi centrale, acoperirea volumelor mari de lucrări de reparații și întreținere a pus problema creării unor grupe zonale de reparații, care să preia execuția unei părți din lucrări și să acopere vîrfurile de personal de reparații.

Din punct de vedere organizatoric, în perioada cincinalului 1971—1975 urmează a se cristaliza forma organizatorică a activității de reparații la nivelul întreprinderilor zonale ale centralei industriale.

În anii 1966—1970 s-a acționat și în sensul consolidării și perfecționării organizatorice a sectorului de producere a energiei electrice și termice. Astfel, a fost introdusă o nouă structură organizatorică prin înființarea unor mari întreprinderi de centrale electrice grupate în cadrul centralei industriale, cu dublu scop: centralizarea, pe de o parte, a unor funcțiuni ca cercetarea, dezvoltarea, reparațiile, aprovizionarea, iar pe de altă parte descentralizarea unor atribuții prin preluarea acestora de către centrala industrială, unitate economică cu competențe considerabil sporite față de fosta direcție generală.

Ca urmare a măsurilor tehnice și organizatorice adoptate, în cadrul Centralei de producere a energiei electrice și termice s-a reușit ca în cincinalul 1966—1970, la o creștere cu 100% a puterii instalate, la o dublare a producției de energie electrică și la o creștere de peste două ori a căldurii produse prin termoficare, personalul să crească numai cu 20%.

De asemenea, importante realizări au fost obținute și în activitatea întreprinderilor de transport și distribuție, care, grupate în cadrul centralei industriale de transport și distribuție, reunesc totalitatea instalațiilor respective cu tensiuni între 0,1 și 400 kV.

Pentru a ilustra mai elocvent dimensiunile preocupărilor legate de exploatare și întreținere, în tabelele 5, 6 și 7 se prezintă evoluția volumului de instalații și a gradului de electrificare a satelor în perioada 1966—1970.

Tabelul 5

Anul	Lungimea liniilor, km				
	400 kV	220 kV	110 kV	1—60 kV	sub 1 kV
1966	847	795	5 577	40 815	54 527
1967	855	1 213	6 041	45 646	62 437
1968	855	1 467	6 844	51 892	68 285
1969	1 127	1 732	7 154	58 371	76 097
1970	1 291	1 867	7 562	62 683	83 331

Tabelul 6

Anul	Stații de transformare				Stații și posturi de transformare			
	400 kV		220 kV		110 kV		1—60 kV	
	buc.	P_i (MVA)	buc.	P_i (MVA)	buc.	P_i (MVA)	buc.	P_i (MVA)
1966	—	—	5	868	112	4 209	17 315	5 593
1967	—	—	7	1 343	135	5 259	19 683	6 234
1968	—	—	11	2 200	160	6 399	22 828	6 573
1969	1	200	14	2 914	202	7 477	26 021	7 511
1970	1	200	19	4 013	231	8 626	29 131	8 728

P_i = puterea instalată

Tabelul 7

Situația pe ansamblul țării	Nr. total de sate	Nr. de sate electrificate în perioada 1966—1970	Total sate electrificate la 31.XII.1970	Grad de electrificare la 31.XII.1970
Sate existente	13 149	4 077	10 591	80,5
Sate elecrificabile	12 360	4 077	10 591	85,7

Se observă că într-o perioadă de cinci ani lungimea liniilor de 400 kV a crescut faţă de nivelul anului 1966 cu 52%, a celor de 220 kV cu 135% şi a celor de 110 kV cu 36%, iar numărul staţiilor de 220 kV a crescut cu 280% şi al celor de 110 kV cu 106%, iar puterea instalată totală în staţii de distribuţie şi posturi s-a dublat.

Această importantă dezvoltare a instalaţiilor a fost determinată de creşterile tot mai mari ale consumatorilor, care în anul 1970 au ajuns la valorile indicate în figura 2, ponderile lor în 1970 pe diferitele categorii de consumatori şi evoluţia procentuală în perioada 1965—1970 fiind date în figura 3.

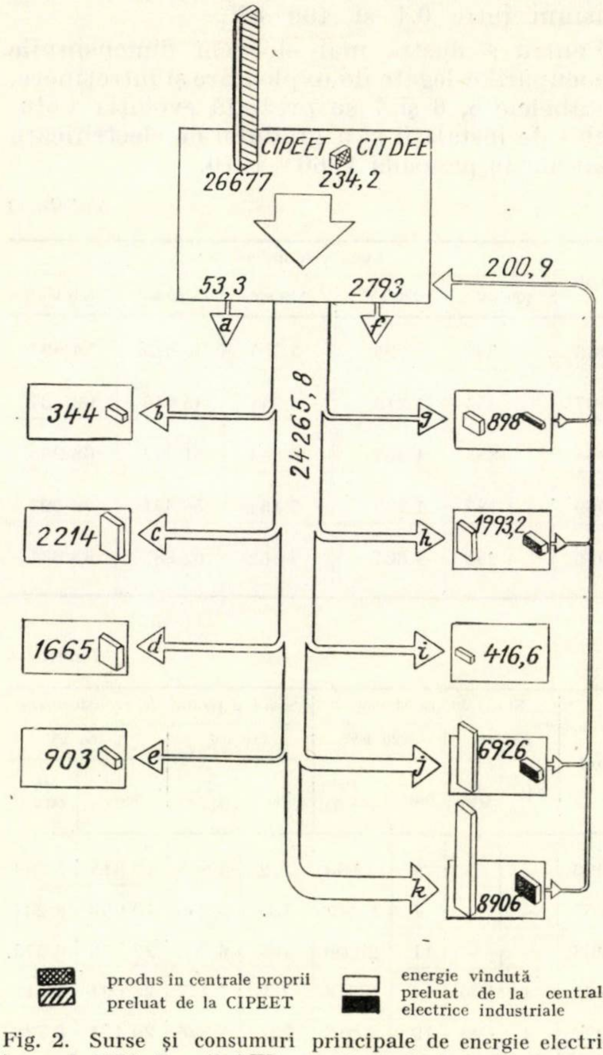


Fig. 2. Surse şi consumuri principale de energie electrică în anul 1970, în mil. kWh, pe Centrala industrială pentru producerea energiei electrice şi termice (CIPEET) şi Centrala industrială pentru transportul şi distribuţia energiei electrice (CITDEE) :

a — regie şi consum propriu; *b* — iluminat public; *c* — iluminat casnic; *d* — alte utilizări; *e* — iluminat comercial şi general; *f* — pierderi; *g* — petrol; *h* — siderurgie; *i* — tracţiune electrică; *j* — chimie; *k* — alţi mari consumatori industriali.

Se observă că energia electrică totală vîndută în 1970 s-a dublat faţă de 1965, creşteri anuale foarte importante înregistrînd agricultura şi irigaţiile, precum şi consumul casnic (iluminat şi utilizări casnice).

Dintre marii consumatori, ponderea cea mai importantă aparţine industriei chimice, cu 6 926 mil. kWh, faţă de siderurgie cu 1993,2 mil. kWh sau faţă de cea a petrolului cu 898 mil. kWh ; de fapt chimia a consumat în 1970 29% din totalul energiei electrice vîndute.

O evoluţie asemănătoare consumurilor de energie electrică o prezintă şi numărul de consumatori (fig. 4), care în 1970 a crescut cu 57% faţă de 1965, ajungînd la 3 628 400. Creşteri anuale importante prezintă şi numărul de consumatori din mediul rural.

În cadrul activităţii de distribuţie a energiei electrice s-au reorganizat subunităţile întreprinderilor de reţele electrice în scopul adîncirii specializării, înfiinţîndu-se exploatări de distribuţie judeţene, 2—3 pe întreprindere, care se ocupă numai de reţele de distribuţie pînă la tensiunea de 20 kV (inclusiv) şi secţii de înaltă tensiune, cîte una pe fiecare întreprindere, care se ocupă de reţelele de transport şi staţiile cu tensiuni între 35 şi 400 kV. Pe teritoriul unei exploatări de distribuţie activitatea privind exploatarea, întreţinerea şi relaţiile cu abonaţii este desfăşurată de centre de distribuţie care constituie elementul organizatoric de bază al acestor activităţi. Pe teritoriul unei secţii de înaltă tensiune, cuprinzînd, datorită caracterului ei de transport al energiei electrice, 2—3 judeţe, sînt organizate centre de înaltă tensiune (linii şi staţii), care constituie, de asemenea, elemente organizatorice de bază ale activităţii de transport al energiei electrice.

Măsurile organizatorice menţionate, conjugate şi cu alte măsuri tehnice, pe lîngă creşterea calităţii exploatării ca urmare a specializării, au făcut ca în perioada 1966—1970 numărul de salariaţi din activitatea de transport şi distribuţie a energiei electrice din ţara noastră să scadă şi apoi să se menţină practic constant, cu toate că volumul instalaţiilor a crescut (energia electrică vîndută cu 100%, lungimea liniilor electrice cu 60%, numărul abonaţilor cu 54%). Din figura 5 se observă că numărul mediu de salariaţi s-a menţinut constant în 1966 şi 1967, scăzînd în 1968 şi în următorii ani sub numărul mediu din 1965; datorită acestui fapt productivitatea muncii (kWh/salariat) a crescut corespunzător, ajungînd în 1970 la 0,93 GWh/salariat, faţă de 0,53 GWh/salariat în 1966.

Este interesantă prezentarea indicatorilor de productivitate a muncii în transportul şi distribuţia energiei electrice din România în com-

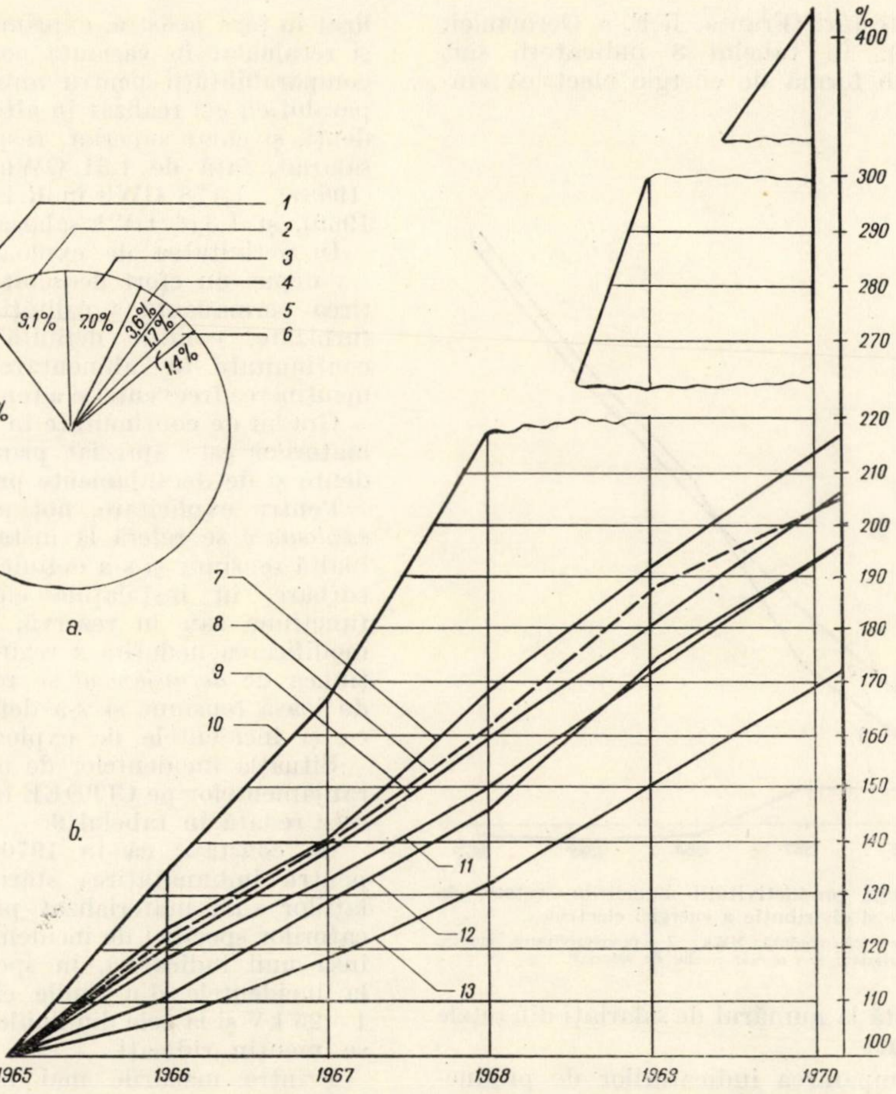


Fig. 3 : *a* — ponderea diferitelor categorii de consumatori față de totalul energiei electrice vindute ; *b* — evoluția consumurilor pe principalele categorii de consumatori :

1 — mari consumatori ; 2 — iluminat și utilizări casnice ; 3 — alți consumatori ;4 — agricultură și irigații ; 5 — tracțiune electrică ; 6 — iluminat public ; 7 — total energie vindută ; 8 — mari consumatori ; 9 — iluminat și utilizări casnice ; 10 — agricultură și irigații ; 11 — tracțiune electrică ;12 — iluminat public ; 13 — alți consumatori.

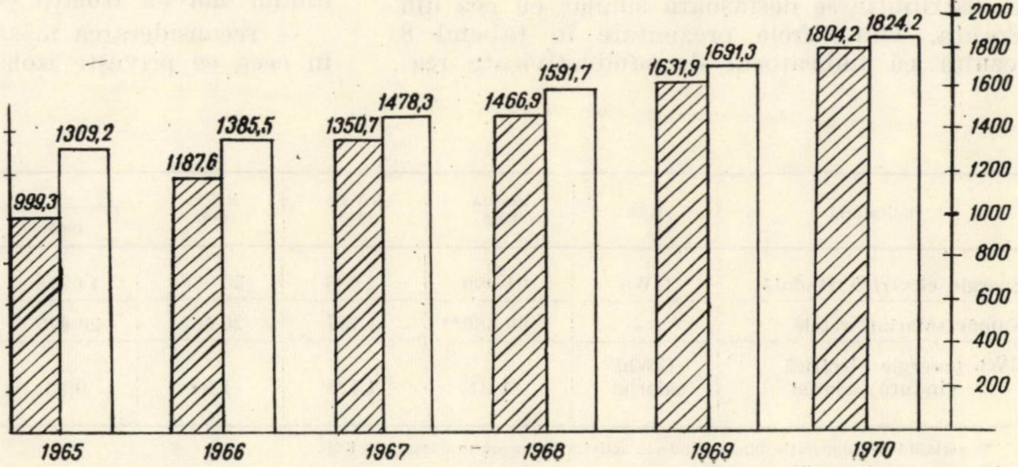


Fig. 4. Evoluția numărului de consumatori (nr. consumatori × 10^3) — creșteri comparative :

▭ în mediul urban

▨ în mediul rural

parație cu alte țări (Franța, R.F. a Germaniei, Cehoslovacia). În tabelul 8 indicatorii sînt exprimați sub formă de energie electrică vîndută raportată la numărul de salariați din rețele (GWh/salariat).

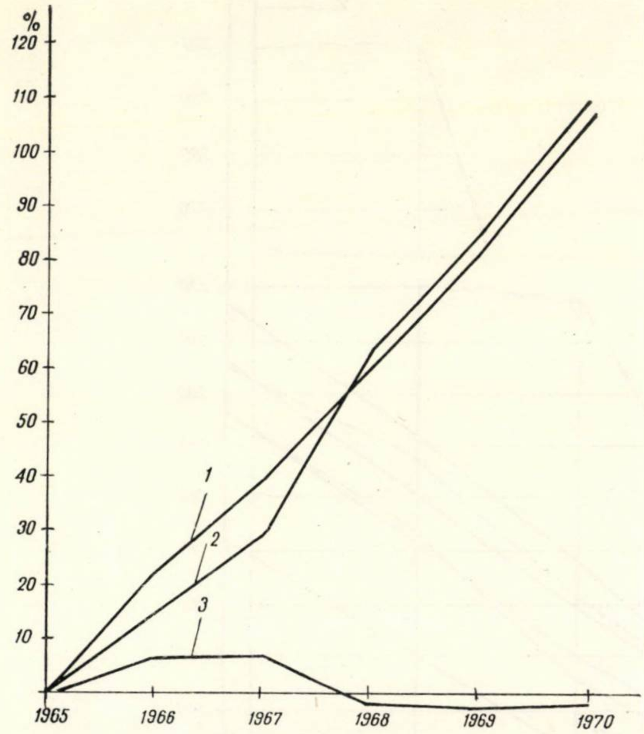


Fig. 5. Evoluția productivității muncii în sectorul de transport și distribuție a energiei electrice :
1 — energie electrică vîndută, MWh ; 2 — productivitatea muncii, kWh/salariat ; 3 — număr mediu de salariați.

Pentru compararea indicatorilor de productivitate din țara noastră cu cei publicați de Électricité de France (EdF) s-a exclus numărul salariaților corespunzător acelor activități care în Franța nu se efectuează de către EdF. La fel s-a procedat și cu indicatorii din celelalte țări analizate (R.F. a Germaniei, Cehoslovacia), unde activitatea de transport și distribuție se desfășoară similar cu cea din Franța. Din cifrele prezentate în tabelul 8 rezultă că indicatorul de productivitate realizat în țara noastră, exprimat în GWh/salariat și recalculat în varianta corectată în vederea comparabilității pentru anul 1970, este comparabil cu cel realizat în alte țări în anii precedenți, și chiar superior, respectiv : 1,60 GWh/salariat, față de 1,31 GWh/salariat în Franța (1968) ; 1,178 GWh în R.F.G. (EDM Kassel, 1969), și 1,346 GWh/salariat în Cehoslovacia.

În activitatea de exploatare și întreținere s-a depus un efort deosebit pentru îmbunătățirea permanentă a calității energiei electrice furnizate, calitate definită prin parametrii : continuitate în alimentarea consumatorilor, menținerea frecvenței și a tensiunii prescrise.

Gradul de continuitate în alimentarea consumatorilor este apreciat prin numărul de incidente și de deranjamente produse în instalații.

Pentru explicitare, noțiunea de *incident de exploatare* se referă la instalațiile de medie și înaltă tensiune și s-a definit ca fiind orice perturbare, în instalațiile energetice aflate în funcțiune sau în rezervă, care are ca efect modificarea nedorită a regimului existent. Noțiunea de *deranjament* se referă la instalațiile de joasă tensiune și s-a definit în același mod ca și incidentele de exploatare.

Situația incidentelor de exploatare și a deranjamentelor pe CITDEE în anii 1969 și 1970 este redată în tabelul 9.

Se constată că în 1970 eforturile depuse pentru îmbunătățirea stării tehnice a instalațiilor s-au materializat prin reducerea indicatorilor specifici de incidente și deranjamente, însă unii indicatori, în special acei referitori la incidentele din liniile electrice aeriene de 1—25 kV și la cele din liniile electrice în cablu, se mențin ridicați.

Printre măsurile mai importante luate — măsuri ce vor trebui continuate cu perseverență și în viitor — în scopul îmbuntățirii activității de exploatare și întreținere, se menționează :

— îmbunătățirea izolației liniilor, în special a celor de 15—20 kV, prin schimbarea acesteia la liniile în funcțiune, precum și prin echiparea liniilor noi cu izolații corespunzătoare ;

— reconsiderarea măsurilor ce trebuie luate în ceea ce privește izolația în zone plouate ;

Tabelul 8

Indicatorul	U.M.	Franța 1968	R.F.G. 1966	R.S.C. 1967	R.S. România		
					1966	1970	1970*)
Energie electrică vîndută	GWh	91 300	2 083	26 968	14 318	24 230	24 230
Număr salariați rețele	—	69 580**)	1 757	20 667	26 875	25 254	15 176*)
GWh (energie electrică vîndută)/salariat	GWh/ salariat	1,31	1,178	1,34	0,53	0,96	1,60*)

*) variantă de comparație după excluderea activităților ce nu se execută la EdF.

**) cifre aproximate din diagramă.

Tabelul 9

Categorii de instalații	Indicatori specifici	Anul	
		1969	1970
Linii electrice aeriene 220–400 kV	incidente/100 km	2,20	0,84
Linii electrice aeriene 35–110 kV	incidente/100 km	9,04	5,10
Linii electrice aeriene 1–25 kV	incidente/100 km	26,40	22,40
Linii electrice în cablu	incidente/100 km	19,40	17,20
Stații de transformare	incidente/100 stații	4,88	2,81
Posturi de transformare	incidente/100 posturi	11,50	6,05
Instalații sub 1 kV	deranjamente/100 abonați	26,0	16,8

— consolidarea liniilor în zone cu condiții meteorologice grele;

— repararea capitală a liniilor pe stîlpi de lemn;

— recondiționarea branșamentelor aeriene și îmbunătățirea nivelului de tensiune la consumatori;

— dotarea întreprinderilor cu un număr corespunzător de radio-telefoane pentru echipele de intervenție la incidente și deranjamente.

Un accent deosebit s-a pus, de asemenea, pe dotarea întreprinderilor de rețele electrice cu mașini specifice activității acestora, dintre care se menționează:

— autoscară extensibilă hidraulică de 13,5 m;

— autotelescop hidraulic de 15 m;

— autotelescop TV-26, de 26 m, pentru lucrări de intervenții și reparații la liniile de 110–400 kV;

— autoplatformă hidraulică PRB-15, avînd înălțimea maximă de lucru de 15 m;

— autoîncărcător AI-28 pentru ridicarea și transportarea de diferite sarcini (tambururi de cabluri, aparataj electric, stîlpi etc.);

— mașină tehnologică pentru echipele de întreținere a posturilor și cablurilor electrice, care poate transporta 8 persoane, lăzi pentru scule, scări extensibile pentru urcat pe stîlpi.

În ceea ce privește modernizarea instalațiilor existente și introducerea progresului tehnic, un aport important l-a adus realizarea programului de cercetare care se efectuează cu concursul institutelor de specialitate ale Ministerului Energiei Electrice. Programul de cercetare cuprinde teme din diferite domenii ale electroenergeticii, electrotehnicii, automatizărilor etc., care, în funcție de scopul urmărit, pot fi grupate în următoarele categorii mai importante:

— cercetări privind comportarea și îmbunătățirea echipamentului electroenergetic;

— cercetări pentru îmbunătățirea tehnologiilor existente în procesele de exploatare și întreținere ale instalațiilor;

— cercetări pentru asimilarea în producția unităților din Ministerul Energiei Electrice a unor aparate și dispozitive noi;

— cercetări privind introducerea unor materiale noi în construcția instalațiilor electrice, cu performanțe îmbunătățite sau care să înlocuiască materialele deficitare.

Pentru ilustrarea acestui program de cercetare se dau în continuare cîteva exemple ale căror rezultate contribuie la introducerea progresului tehnic în instalații:

— aparatură specifică pentru mărirea operativității în activitatea de exploatare a instalațiilor, ca, de exemplu, dispozitivul pentru determinarea locului de defect cu punere la pămînt în liniile aeriene de medie tensiune, clapeta semnalizatoare a scurtcircuitelor în rețelele aeriene de 6–20 kV, voltmetrul integrator statistic pentru aprecierea științifică a nivelului de tensiune în rețea;

— instalații de telemecanică și automatizări, care permit trecerea la exploatarea stațiilor fără personal sau cu personal la domiciliu, printre care se menționează instalațiile de telemecanică pentru punctele de dispecer și stații, regulatorul automat al tensiunii pentru transformatoare, instalația de telealarmă prin radio;

— seria de relee sensibile contra punerilor la pămînt în rețelele de medie tensiune cu neutrul izolat sau tratat prin bobină Petersen.

Un alt factor care condiționează îmbunătățirea continuă a activităților este pregătirea profesională a salariaților sub toate aspectele. În acest sens, în special pentru activitățile cu pondere importantă, s-a continuat acțiunea inițiată în 1968, de Ministerul Energiei Electrice, privind modul de angajare, selecționare, perfecționare a pregătirii și instruire a personalului din întreprinderile de rețele.

În domeniul învățămîntului s-a pus accent pe perfecționarea calificării personalului prin:

— extinderea formelor de învățămînt practic, experimental; s-au amenajat în întreprinderi poligoane pentru instruirea electricienilor pe diferite specialități;

— formarea de specialiști în probleme noi (în special introducerea metodelor matematice moderne și prelucrarea automată a datelor);

— perfecționarea cadrelor de conducere de diferite niveluri prin cursuri speciale.

Selecționarea personalului și repartizarea acestuia după aptitudini este o acțiune cu un început bun. Ne referim, în special, la personalul manevrant, căruia i s-au determinat psihoprofesiogramele pe baza cărora au putut fi selecționate persoanele care corespund posturilor sau acelea care trebuie repartizate la alte locuri de muncă.

ACTIVITATEA DE CONSTRUCŢII ŞI MONTAJ LEGATĂ DE EXECUŢIA OBIECTIVELOR ENERGETICE DIN ROMÂNIA ÎN PERIOADA 1966-1970

Ing. Gh. Miliţescu
Ing. A. Gilbert
Ing. M. Ionescu[*]

Pentru realizarea programului amplu de dezvoltare a sistemului energetic naţional, Ministerul Energiei Electrice din România are în subordine trei mari unităţi specializate în execuţia lucrărilor energetice, şi anume :

1. Trustul de construcţii şi montaje energetice (TCME), specializat în execuţia de centrale termoelectrice de toate puterile şi reţele de termoficare industrială şi urbană.

Trustul dispune, printre alte unităţi, de două întreprinderi puternice : ,,Energoconstrucţia'', care execută lucrările de construcţii la centralele termoelectrice şi toate lucrările de reţele de termoficare, şi ,,Energomontaj'', specializată în execuţia lucrărilor de montaj la termocentrale şi hidrocentrale (cazane de abur, turbine cu abur, turbine hidro, conducte de înaltă şi joasă presiune, staţii de transformare, instalaţii de automatizare) şi punerea în funcţiune a acestora.

2. Întreprinderea de construcţii hidroenergetice (ICH), specilizată în mari lucrări de construcţii hidroelectrice şi lucrări conexe (baraje, aducţiuni, tuneluri, centrale hidroelectrice de suprafaţă şi subterane, ecluze fluviale etc.).

3. Trustul ,,Electromontaj'' (TEM), specializat în execuţia lucrărilor de linii de înaltă tensiune, staţii şi posturi de transformare de la 6 la 400 kV. Trustul dispune de unităţi executante regionale complet utilate, care execută şi pune în funcţiune linii şi staţii. De asemenea, dispune şi de o întreprindere care execută centralizat diferite confecţii şi prefabricate (stîlpi metalici şi din beton armat pentru linii electrice aeriene, posturi de transformare, pupitre, panouri de comandă etc.).

DEZVOLTAREA CENTRALELOR TERMOELECTRICE ŞI A REŢELELOR DE TERMOFICARE

Necesitatea creşterii permanente a puterii instalate a sistemului energetic naţionl în această perioadă, în medie cu 850 MW pe an, a condus la dezvoltarea cu precădere a centralelor termoelectrice şi a reţelelor de termoficare.

În tabelul 1, în care sînt reprezentate puterile nou instalate în etapa 1966—1970, se remarcă faptul că, la nivelul anului 1970, 83% din puterea nou instalată s-a realizat în centrale termoelectrice şi 17% în centrale hidroelectrice.

Perioada 1966—1970, ţinînd seama de volumul sporit de lucrări realizat, constituie o etapă importantă în stabilirea de noi tehnologii de execuţie a centralelor termoelectrice.

În tabelul 2 sînt prezentate volumele de betoane şi excavaţii executate la termocentrale în această perioadă.

Tabelul 1

Natura centralelor	U.M.	1966	1967	1968	1969	1970	Total 1966—1970
Centrale termoelectrice	MW	915	754,2	421	831,7	618	3539,9
Centrale hidroelectrice	MW	317	34	19,8	20	350	740,8
Total	MW	1232	788,2	440,8	851,7	968	4280,7
Cazane de apă fierbinte (CAF)	Gcal/h	200	25	425	700	1350	2700

Tabelul 2

Anul	Betoane, m³	Excavaţii, m³
1966	155 100	1 200 000
1967	174 000	2 200 000
1968	218 700	2 300 000
1969	161 000	2 100 000
1970	373 300	2 300 000
TOTAL	1 082 100	10 100 000

Soluţii constructive la termocentrale

Dintre soluţiile tehnologice moderne aplicate la construcţia centralelor termoelectrice executate în ultimii cinci ani, menţionăm :

1. Execuţia cu ajutorul cofrajelor glisante a structurilor de rezistenţă a clădirilor principale la :

— CET Borzeşti, 2×200 MW : execuţia şirurilor A şi B prin glisare ;

— CTE Deva-Mintia, 4×200 MW : execuţia şirului A glisat ; execuţia corpului intermediar prin glisarea şirurilor de stîlpi şi grinzile de legătură cu carcase autoportante (fig. 1) ;

— CET Brazi, 2×200 MW : execuţia şirurilor A şi B prin glisare.

2. Execuţia din elemente prefabricate grele a structurilor de rezistenţă ale clădirilor principale la CET Bucureşti-Sud, 2×100 MW.

---

[*] Ing. Gheorghe Miliţescu este directorul general al TCME; ing. Adalbert Gilbert este directorul general al ICH; ing. Mihalache Ionescu este directorul general al TEM.

3. Execuţia, cu ajutorul cofrajelor glisante, a unor coşuri de fum din beton armat cu următoarele înălţimi :

- — 220 m, la CTE Deva (2 buc.);
- — 180 m, la CET Brazi (1 buc., fig. 2);
- — 120 m, la CET Bucureşti-Sud (2 buc.);
- — 120 m, la CET Galaţi (1 buc.).

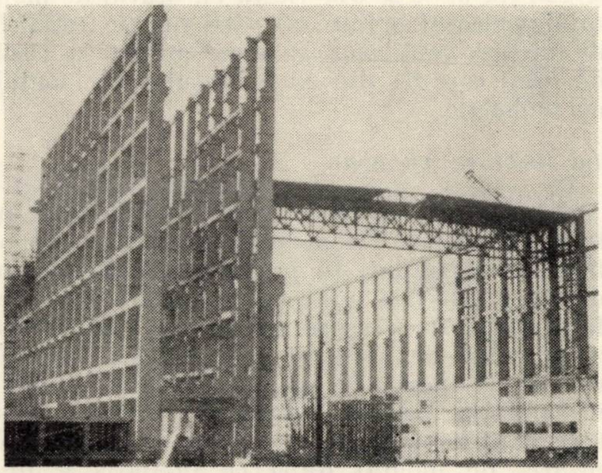


Fig. 1. Centrala termoelectrică Mintia — Deva, 4 × 200 MW. Execuţia corpului intermediar prin glisarea şirurilor de stîlpi şi grinzile de legătură, cu carcase autoportante.

4. Execuţia, cu ajutorul cofrajelor păşitoare, a turnurilor de răcire din beton armat cu tiraj natural (hiperbolice), cu capacităţi de 10 000 m^3/h (la CET Bucureşti-Sud, CET Borzeşti, CET Galaţi etc.) şi de 14 000 m^3/h (la CET Brazi).

5. Utilizarea sistemelor de fundare pe piloţi prefabricaţi bătuţi şi a sistemelor de epuismente cu incinte de palplanşe la CTE Brăila-Chişcani, 3×200 MW (volumul de executat : 8 000 piloţi prefabricaţi).

Pentru lucrările de montaj al echipamentului energetic (cazane de abur, turbine, conducte de înaltă presiune, instalaţii de automatizare etc.) de la centralele termoelectrice şi hidroelectrice au fost modernizate complet, în ultimii cinci ani, atît soluţiile de organizare a lucrărilor cît şi tehnologiile de montaj. Astfel, organizarea de şantier a cunoscut o îmbunătăţire substanţială, elaborîndu-se în sectorul de concepţie soluţii tipizate. În prezent se aplică soluţii tipizate pentru grupuri de 50, 100, 200 MW etc.

De asemenea, proiectele de organizare de şantier, faza I, în care se indică zonele disponibile pentru şantierul de montaj, sînt supuse unui studiu sistematic cu luarea în considerare a mai multor variante şi cu alegerea variantei optime din punctul de vedere al comunicaţiilor cît mai scurte şi directe, al reţelelor de energie (electrică), gaze, oxigen, acetilenă, aer comprimat, al transporturilor minime şi al reducerii cît mai mari a manipulărilor. De fapt, se urmăreşte realizarea unui flux tehnologic mecanizat, începînd de la descărcarea din vagoane şi pînă la montarea propriu-zisă.

S-au realizat obiecte de organizare de şantier demontabile (barăci din tablă ondulată, barăci tip şef de echipă, staţii centralizate de distribuţie a oxigenului şi a acetilenei etc.). La şantierele mari s-au proiectat şi executat fabrici de producere a oxigenului.

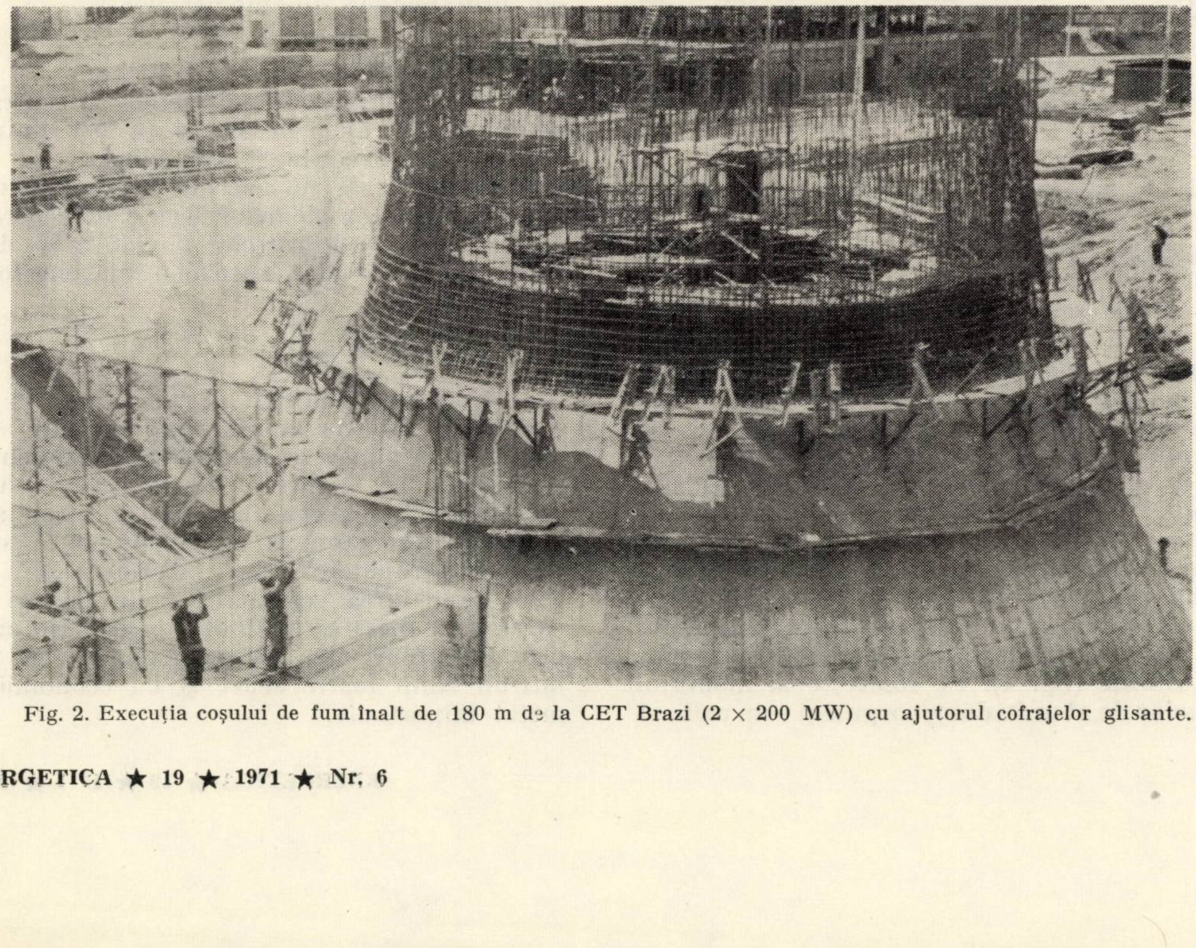


Fig. 2. Execuţia coşului de fum înalt de 180 m de la CET Brazi (2 × 200 MW) cu ajutorul cofrajelor glisante.

Obiectivele de organizare de șantier se proiectează în cadrul organizației de execuție, dîndu-se o deosebită importanță tipizării proiectelor și refolosirii lor.

În domeniul organizării conducerii șantierelor de montaj au fost introduse următoarele perfecționări:

— întocmirea de nomograme pentru stabilirea numărului de personal tehnico-administrativ al șantierelor, în funcție de valoarea de plan trimestrială (corectată cu o serie de indici de influență) și de dispersarea lucrărilor șantierului;

— normarea unui număr minim de muncitori conduși de un șef de echipă și a unui număr minim de echipe conduse de un maistru;

— elaborarea unei scheme funcționale tip pentru șantiere;

— trecerea parțială la contabilitatea mecanizată pe șantiere (pentru șantierele București-Panduri și București-Sud, contabilitatea materialelor se efectuează la stația de mecanizare a IDEB).

Principiul de organizare (ideea princeps) a montajului centralelor constă în asigurarea de către întreprindere a funcțiilor de planificare, în asigurarea condițiilor tehnico-materiale (pregătirea și asigurarea producției), de concepție și financiar-contabile, lăsînd la șantiere funcțiile de producție și conducerea directă a producției; în rezumat, conducerea activității de montaj se face cu un mare grad de centralizare.

Conducerea montajului se face prin metoda grafice de rețea, în cadrul termenelor limită stabilite de graficele coordonatoare generale ale lucrărilor. Aceste grafice se întocmesc pe principiile metodei drumului critic (CPM), pentru a se ține seama de întrepătrunderile proceselor, în special la frontiere (proiect-montaj, construcții-montaj etc.).

Soluții de montaj al echipamentului energetic

La cazanele de abur

— Asamblarea unor blocuri de montaj numite plane, întrucît o dimensiune este mică în raport cu celelalte două, care pot fi alcătuite, spre exemplu, dintr-un perete conținînd o construcție metalică și panouri de țeavă, iar în unele cazuri și înzidirea zonei respective (fig. 3). Dimensiunile și masa acestor subansambluri sînt determinate de posibilitățile de transport și de performanțele macaralei-turn. Metoda se aplică, de regulă, la cazanele de abur într-un corp, pentru orice fel de combustibil.

— Asamblarea unor blocuri de montaj denumite spațiale, întruct cele trei dimensiuni sînt comparabile (fig. 4). Se folosește la montajul cazanelor de abur în două corpuri și s-au realizat blocuri cu dimensiuni maxime de 10,2 × 11,2 m și înălțime de circa 6 m (de exemplu, cazanele pe cărbune de la CTE Deva) în limita a 50 tone, corespunzătoare capacității macaralei-turn cu care se efectuează montajul.

— O problemă ieșită din comun o constituie confecțiile pentru cazanul de abur de 1035 t/h pe lignit, care se montează între cota + 92 și 125 m, unde se vor ridica cu brațul de montaj de pe coșul de fum, iar parte din ele (canalele de racord ventilator gaze de ardere la coșul de fum) care ies din zona brațului de montaj, cu tachelaje.

La turbinele cu abur

— Așezarea ramelor sau a cilindrilor pe fundație se face fie pe plăci încastrate, fie pe betonul buceardat. În prima variantă volumul de lucru este mai mare și, ca urmare a acestui fapt, au fost necesare soluții care să reducă acest volum de lucru. În acest sens s-a convenit ca plăcile încastrate să nu mai fie înglobate în fundația turbinei o dată cu montarea acesteia, ci să fie montate și centrate de către organizația de montaj după ce fundația a fost turnată, ceea ce a permis reducerea substanțială a volumului de prelucrare a acestei plăci la fața locului.

— Centrarea turbinei, o operație de înaltă tehnicitate, a fost, de asemenea, perfecționată. Prin metodele de lucru folosite au putut fi realizate lucrări de mai bună calitate și într-un timp mai scurt. Bineînțeles, și în acest domeniu un cuvînt hotărîtor îl are furnizorul de echipament. Vom menționa în acest sens centrarea turbinelor cu pene reglabile, cu cricuri cu șurub sau prin metoda dinamometrelor.

La hidroagregate

— Prin aplicarea de noi metode la centrarea pe verticală a liniei de arbori au fost obținute o serie de rezultate foarte bune.

Se menționează, în această privință, rezolvarea tuturor problemelor legate de centrarea perfectă a hidroagregatelor de 175 MW de la CHE Porțile de Fier, care au o înlățime totală de 43,5 m.

La instalațiile electrice

— Montarea stațiilor electrice de 0,4 kV și 6 kV se face în prezent într-un timp scurt și cu forțe de muncă reduse în privința numărului de oameni, ca urmare a trecerii de la celulele din beton, și mai apoi din construcții metalice cu pereți de beton, la celule prefabricate de tip ,,Electroputere'' sau ,,Automatica''.

— Executarea gospodăriilor de cabluri din construcții metalice prefabricate (stelaje metalice de cabluri tip ,,Energomontaj'') se face într-un timp foarte scurt și cu economii de metal importante.

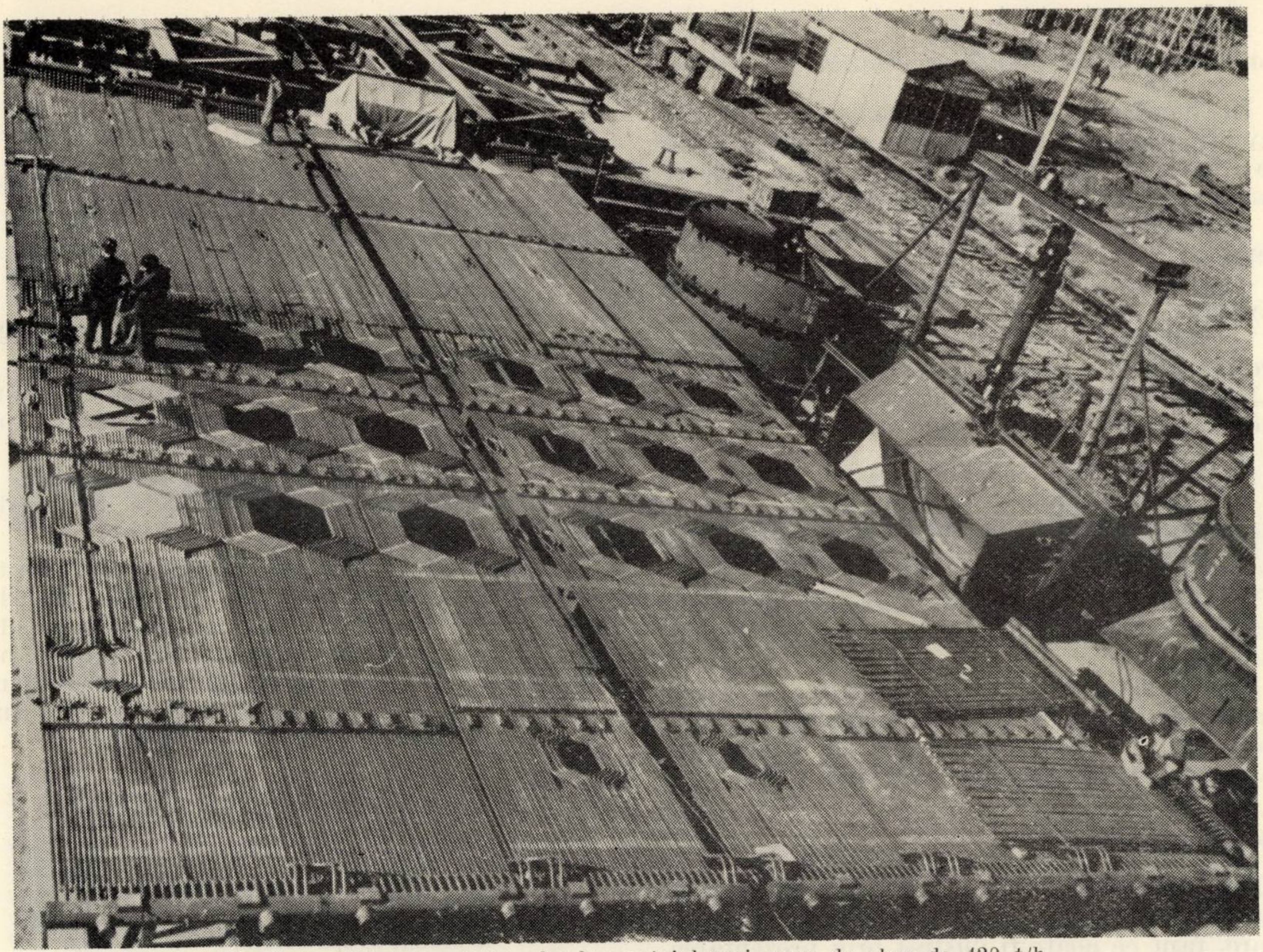


Fig. 3. Asamblarea unui bloc plan la montajul unui cazan de abur de 420 t/h.

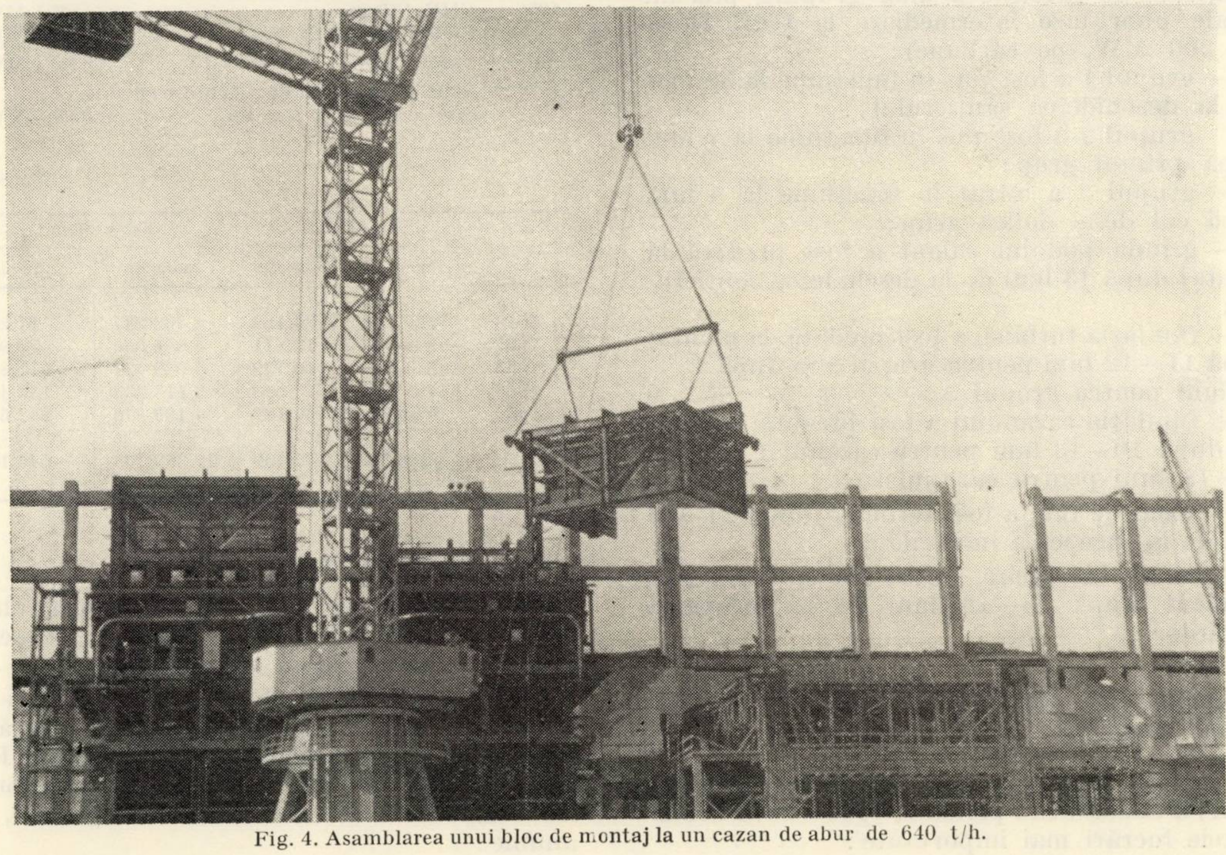


Fig. 4. Asamblarea unui bloc de montaj la un cazan de abur de 640 t/h.

La operațiile de sudură și control al sudurii

În lucrările de montaj, pentru îmbinarea țevilor suprafețelor de încălzire și a conductelor de înaltă, medie și joasă presiune, se folosesc în prezent următoarele trei metode de sudare :

— sudarea cu flacără oxiacetilenică (autogenă) ;

— sudarea cu arc electric, folosind electrozi înveliți ;

— sudarea în mediu de gaz protector (argon-arc), folosind electrod nefuzibil de wolfram.

Pentru controlul nedistructiv al îmbinărilor sudate se aplică următoarele metode :

— defectoscopia magnetografică ;
— defectoscopia cu ultrasunete ;
— radiografierea cu raze gamma (Ir 192) ;
— radiografierea cu raze X (Roentgen).

În domeniul executării sudurilor se poate cita, ca o metodă nouă, sudura în mediu de gaze inerte.

Metoda de sudare cu arc în mediu de argon (argon-arc), folosind electrod nefuzibil de wolfram (metoda MIG), s-a dovedit a fi cea mai indicată pentru formarea rădăcinii sudurii.

Durata de execuție

Duratele de execuție a termocentralelor realizate în această perioadă au fost corespunzătoare, fapt ce poate fi ilustrat prin prezentarea duratelor de execuție a unor grupuri, precum și ale unor faze intermediare la CTE Deva (4×200 MW, pe cărbune) :

— grupul 1 a fost pus în funcțiune la 38 luni de la deschiderea șantierului ;

— grupul 2 a fost pus în funcțiune la 7 luni după primul grup ;

— grupul 3 a intrat în funcțiune la 5 luni după cel de-al doilea grup ;

— grinda podului rulant a fost predată la montaj după 13 luni de la deschiderea șantierului ;

— fundația turbinei a fost predată la montaj după 11—12 luni pentru grupul 1 și după 16—19 luni pentru grupul 2 ;

— fundația cazanului a fost predată la montaj după 10—13 luni pentru cazanul 1 și după 13—18 luni pentru cazanul 2 ;

— coșul de fum a fost terminat după 21—23 luni de la începerea lucrărilor ;

— turnul de răcire, de 10 000 m^3/h, a fost terminat după 13—19 luni de la începerea lucrărilor.

LUCRĂRI DE CENTRALE HIDROELECTRICE ȘI BARAJE

Întreprinderea de construcții hidroenergetice (ICH) a executat în perioada 1966—1970 următoarele lucrări mai importante :

— Centrala hidroelectrică „Gheorghe Gheorghiu-Dej", pe rîul Argeș.

— Sistemul hidroenergetic și de navigație Porțile de Fier.

— Centralele hidroelectrice Vaduri, Bacău I și Bacău II, ultimele trei din cascada de 12 hidrocentrale executate pe Valea Bistriței în aval de Bicaz.

— Centrala hidroelectrică Lotru-Ciunget.

— Amenajarea hidroelectrică a rîului Argeș în sectorul Oiești—Pitești (inclusiv).

— Barajul și acumularea Poiana Uzului.

— Barajul și centrala hidroelectrică Paltinu.

— Acumularea Leșu.

— Acumularea Gilău.

— Amenajarea hidroelectrică a Someșului Cald în amonte de Cluj.

Construcția obiectivelor energetice enumerate, precum și a unor acumulări servind scopurilor multiple ale amenajărilor și gospodăririi apelor a impus executarea unor volume importante de terasamente și betoane prezentate eșalonat în tabelul 3, conducînd la punerea în funcțiune a unor noi puteri, după cum urmează :

1966	— CHE Gheorghe Gheorghiu-Dej	220	MW
	— CHE Vaduri	44	MW
	— CHE Bacău I	23	MW
	— CHE Bacău II	30	MW
1967	— CHE Oiești	15	MW
	— CHE Albești	15	MW
	— Alimentare cu apă a orașului Baia Mare	4,2	MW
1968	— CHE Cerbureni	15	MW
	— CHE Vîlsan	5	MW
	— CHE Cumpănița	4	MW
1969	— Valea Iașului	15	MW
1970	— SHEN Porțile de Fier (2 hidroagregate a 175 MW fiecare)	350	MW

Tabelul 3

Anul	Betoane, m^3		Excavații, m^3	
	suprafață	subteran	suprafață	subteran
1966	136 141	84 182	4 463 247	17 296
1967	589 050	13 811	4 506 866	73 920
1968	845 685	10 732	5 089 422	111 808
1969	795 312	14 578	3 113 333	183 440
1970	920 578	54 187	4 189 870	257 680
TOTAL	3 286 766	177 490	21 362 738	644 144

Soluții constructive

Cu privire la aplicarea de noi soluții tehnologice la construcțiile de centrale hidroelectrice, se menționează următoarele :

1) Probleme hidrotehnice și hidroenergetice de un gen diferit au fost ridicate de lucrările Sistemului hidroenergetic și de navigație Porțile de Fier, începute în anul 1964 (8 septembrie), în colaborare cu constructorii iugoslavi, și anume :

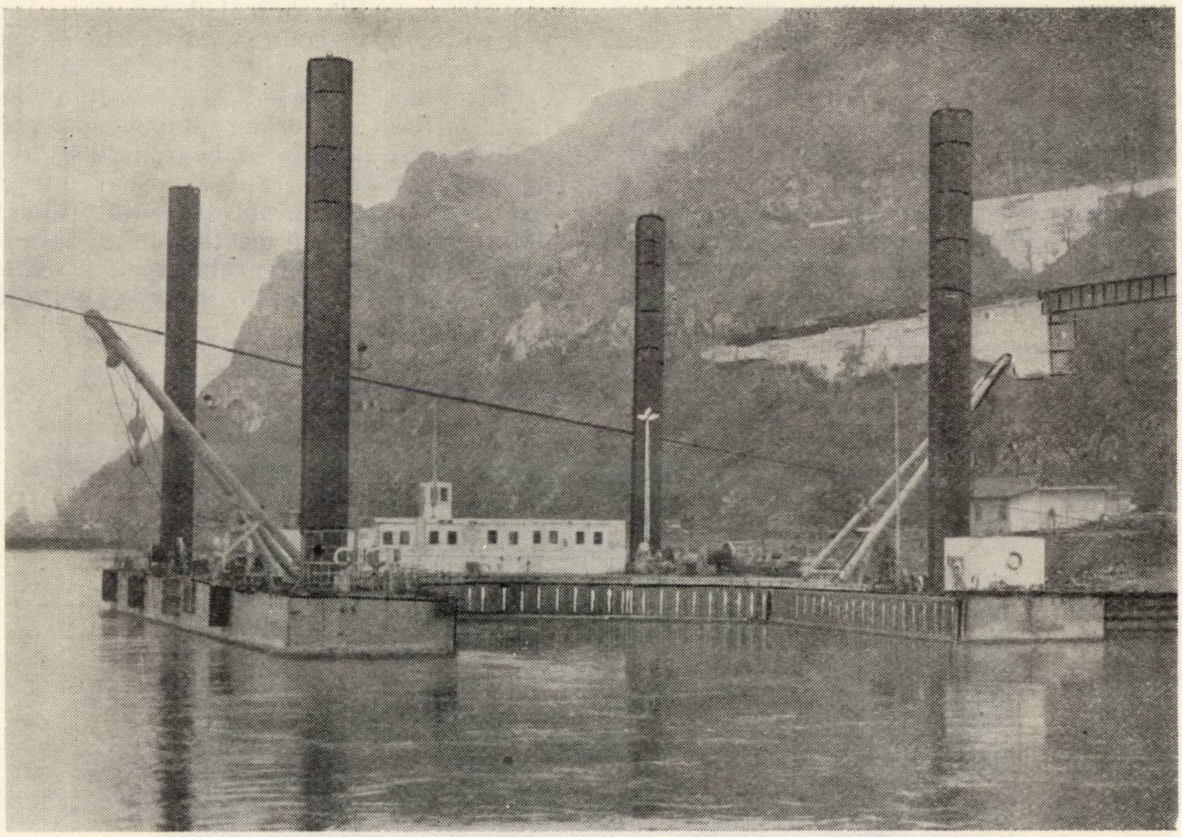


Fig. 5. Platformă plutitoare cu care s-au executat celulele de palplanşe metalice pentru lucru pe fundul fluviului.

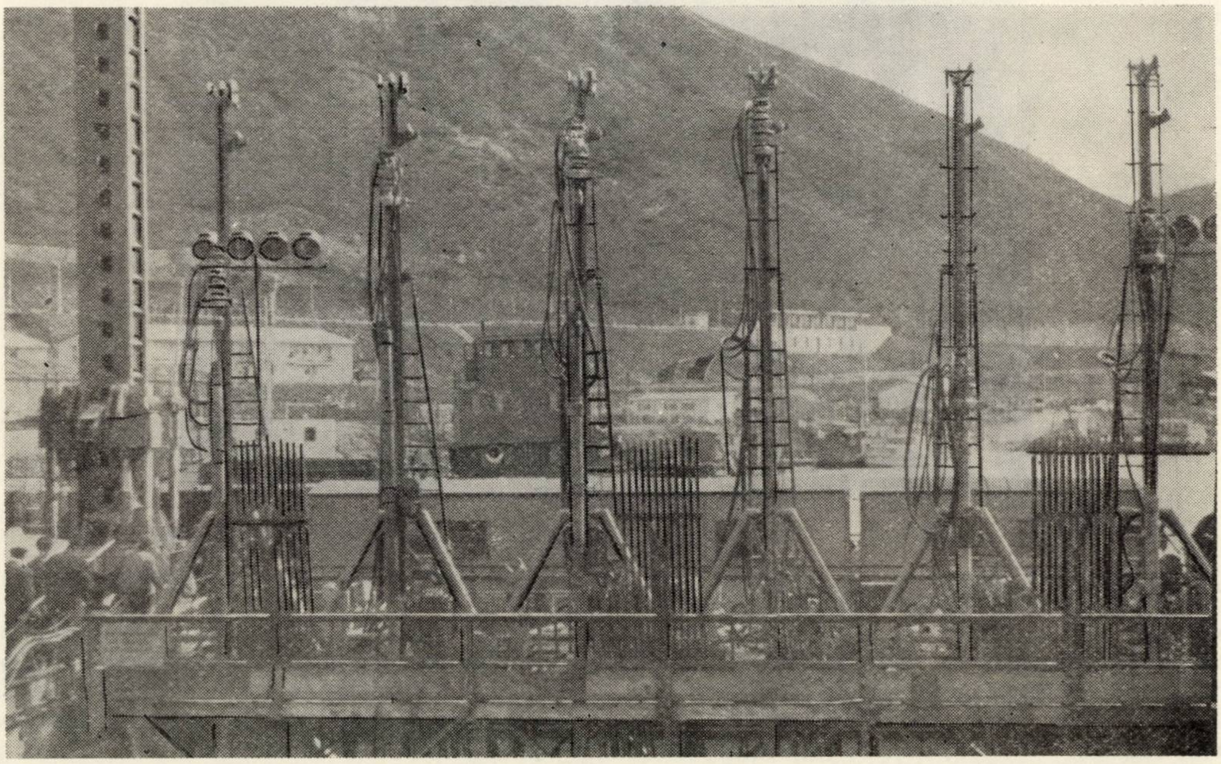


Fig. 6. Instalaţia de forare a fundaţiilor de 1,25 m diametru, pe fundul fluviului, montată pe o platformă plutitoare autoridicătoare.

— Crearea unei incinte uscate de peste 20 ha, în mijlocul unui fluviu cu debite de pînă la 16 000 m^3/s și viteze ce puteau atinge 5 m/s, a constituit o problemă a cărei rezolvare a implicat crearea și utilizarea unor utilaje care au inaugurat tehnologii cu totul noi. Pentru execuția celulelor batardoului din faza I a lucrărilor de la Porțile de Fier s-a recurs la o platformă plutitoare autoridicătoare de 48× 34 m în plan și 3,60 înălțime, avînd forma unei potcoave în golul căreia se construia celula din palplanșe metalice plate (fig. 5). Un ecran protector din palplanșe Larssen, rezemat pe bordul interior al platformei și pe fundul stîncos al fluviului, crea o zonă de apă liniștită, în interiorul căreia baterea palplanșelor celulelor s-a făcut în deplină siguranță (lucrările s-au desfășurat într-un ritm susținut, în pofida anotimpului friguros al iernii 1965—1966 : 20 gabioane, cu diametrul de 18 m, în 6 luni).

— La operațiile de închidere a albiei Dunării, pentru execuția podului provizoriu de pe care s-au basculat blocurile de beton, stabilopozii și materialul de carieră, s-a folosit un echipament modern de forare a fundațiilor paleelor, cu diametrul de 1,25 m, cu o mașină Salzgitter de mare productivitate. Folosind una dintre cele două platforme plutitoare autoridicătoare, dotate cu construcții metalice de ghidare și protejare împotriva curentului apei, s-a ajuns la execuția unei coloane încastrate la 7 m în fundul stîncos al fluviului, de 18 m înălțime, în numai 4 zile (fig. 6).

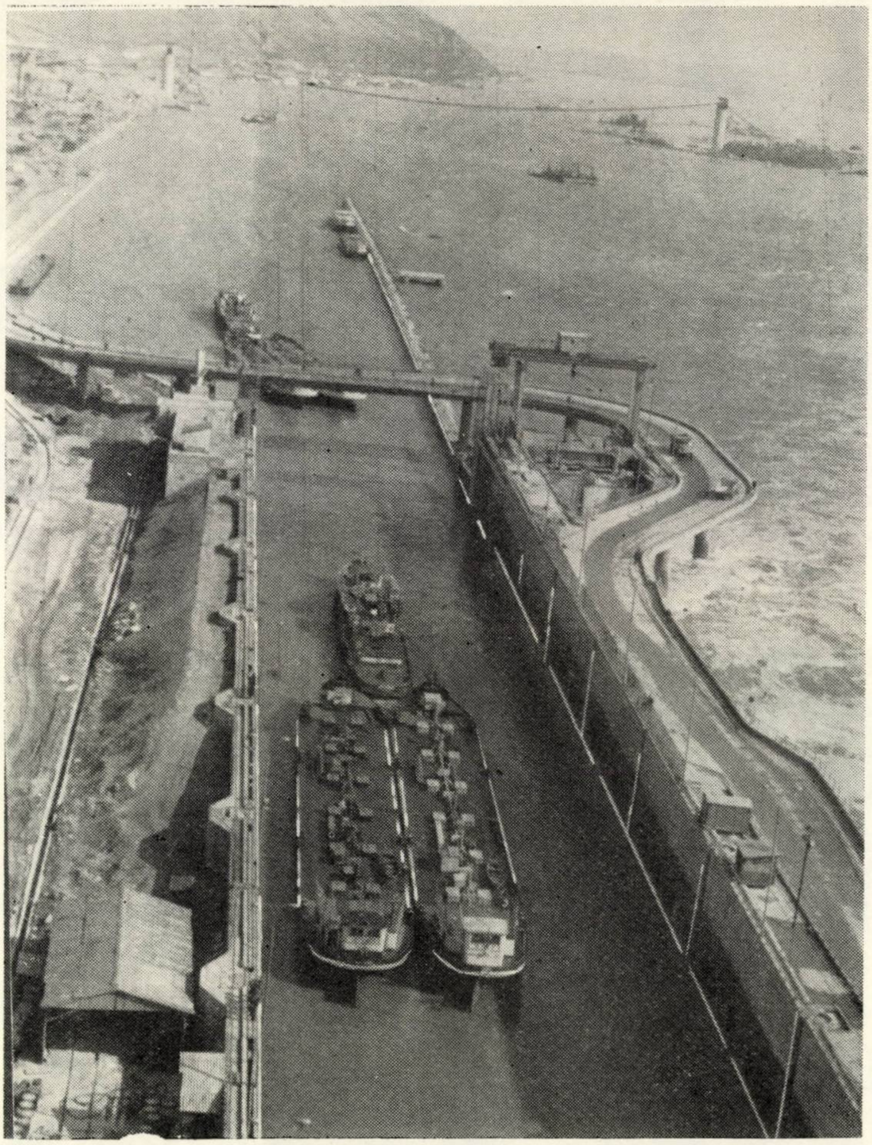


Fig. 7. Ecluza de navigație de pe malul românesc, la Sistemul hidroenergetic și de navigație Porțile de Fier.

— Instalații moderne, de mare productivitate, au fost concepute și realizate și pentru extragerea agregatelor dintr-o insulă a Dunării, pentru transportul lor, cu un funicular avînd capacitatea de 500 t/h, în stația de sortare, pentru spălare și depozitare. Centrale de beton cu capacitatea de 180 m^3/h, pentru prepararea

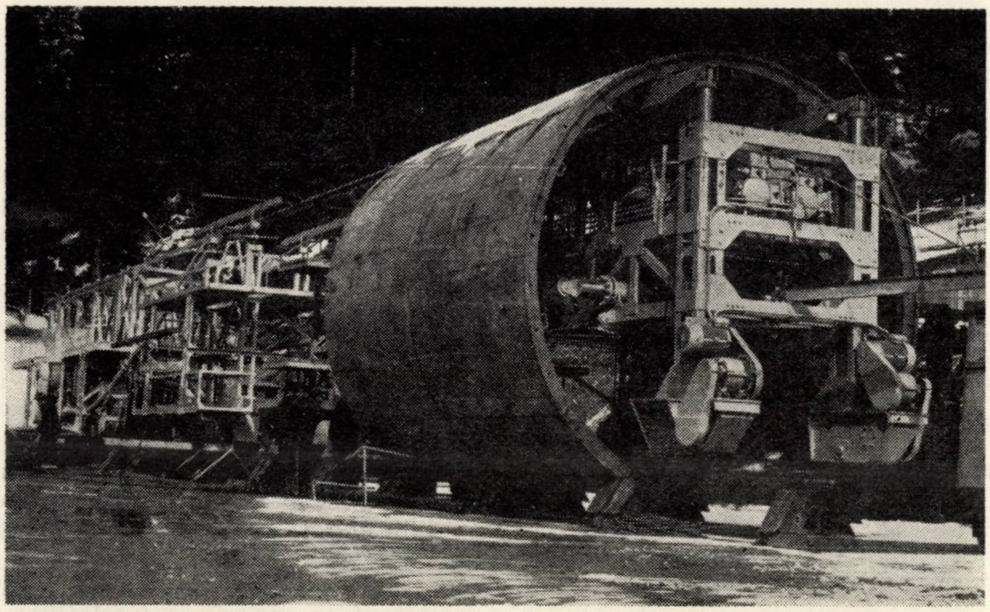


Fig. 8. Dispozitiv de betonare rapidă a galeriilor, executat în atelierele ICH pentru CHE Lotru, 510 MW.

betoanelor, de diverse dozaje şi reţete, au asigurat un ritm de betonare de circa 3000 m^3/zi.

— O staţie specială frigorifică şi una termică au asigurat răcirea agregatelor în timpul verii sau încălzirea pe timp friguros, potrivit celor mai recente tehnologii pentru betoane masive.

Realizarea în foarte bune condiţii a acestui important obiectiv energetic şi darea în funcţiune a primelor trei grupuri înainte de termenele planificate, ca şi punerea în funcţiune a uneia dintre cele mai mari ecluze din Europa (fig. 7), în condiţiile menţinerii navigaţiei pe Dunăre, a reprezentat un examen de prestigiu pentru constructorii Ministerului Energiei Electrice.

2) Atacarea unor amenajări în derivaţii în zonă de munte, ca cele de la Lotru (510 MW) şi Someş (255 MW) reprezintă o continuare amplificată a experienţei de la Argeş în ceea ce priveşte execuţia lucrărilor subterane (fig. 8) şi o noutate prin atacarea unor baraje de anrocamente cu volume importante.

Realizarea galeriilor cu lungimi de peste 200 km a impus introducerea unor utilaje şi tehnologii noi la lucrările în subteran, astfel :

— La perforarea galeriilor se utilizează instalaţii automate Jumbo, cu două braţe şi perforatoare de circa 30—35 kg greutate.

— La încărcarea sterilului se recurge la maşini de încărcat Salzgitter de 400 şi 500 l/cupă, la benzi transportoare şi la instalaţii tip Cherry-Picker.

— Transportul este asigurat cu trenuri-siloz Salzgitter de 40 m^3 capacitate la galeriile de secţiune mică şi cu autobasculante la galeriile ale căror dimensiuni permit acest lucru, ambele procedee fiind aplicate pntru prima dată la noi în ţară.

EXECUŢIA LINIILOR DE INALTĂ TENSIUNE ŞI A STAŢIILOR DE TRANSFORMARE

În cadrul planului de electrificare, Trustului „Electromontaj" îi revine executarea liniilor electrice aeriene şi subterane destinate transportului şi distribuţiei energiei electrice, precum şi a staţiilor de transformare aferente pentru tensiuni de la 6 la 400 kV. De asemenea, prin unităţile sale de producţie industrială, Trustul „Electromontaj" realizează principalele confecţii şi prefabricate necesare execuţiei acestor lucrări.

Trustul „Electromontaj" execută lucrările sale prin şapte unităţi teritoriale de construcţii-montaj şi o unitate de producţie industrială.

Paralel cu dezvoltarea capacităţii de producţie, a crescut şi gradul de complexitate al lucrărilor, realizîndu-se în ultimii ani numeroase linii electrice de 400 kV, staţii de transformare de 220—400 kV şi linii electrice în cabluri de 110—220 kV etc.

În tabelul 4 este redată evoluţia volumelor fizice ale lucrărilor de linii, cabluri, posturi de transformare şi staţii în perioada 1966—1970.

În cadrul volumelor fizice arătate, Trustul „Electromontaj" a realizat unele lucrări deosebit de importante din punctul de vedere al dificultăţilor de execuţie la un înalt nivel tehnic, printre care : liniile magistrale de 400kV Luduş—Arefu—Slatina, Borzeşti—Galaţi, Porţile de Fier—Slatina—Bucureşti ; liniile de 220 kV Craiova—Bulgaria (inclusiv traversarea Dunării), staţia de 400/220/110 kV Porţile de Fier (inclusiv cablurile de 220 kV), staţiile de 220 kV Slatina, Braşov, Sibiu, Hăjdad etc.

Aplicarea tehnologiilor moderne şi a mecanizării lucrărilor a avut ca rezultat mărirea productivităţii muncii, astfel încît la sfîrşitul anului 1970 s-a obţinut o creştere de 30,2% faţă de productivitatea muncii pe salariat din 1965.

Tabelul 4

Denumirea instalatiei	UM	1966	1967	1968	1969	1970
— Linii electrice aeriene de 110—400 kV	km	1192	921	1196	1154	1062
— Cabluri subterane de 6—220 kV	km	727	1220	1500	1815	2151
— Staţii de transformare	MVA	1479	1263	1965	2428	1936
— Posturi de transformare	buc.	828	1100	1120	1212	1656
	MVA	290	540	580	1020	1365

Una dintre principalele preocupări în activitatea de organizare a producţiei şi a muncii este introducerea metodelor moderne de programare şi execuţie a lucrărilor de construcţii-montaj. Dată fiind importanţa practică a introducerii acestor metode din punct de vedere economic şi al asigurării punerii în funcţiune la termenele planificate, începînd din 1968, în programele de lucru ale TEM şi unităţilor subordonate s-a inclus programarea unor lucrări mari prin metodele CPM şi PERT.

Elementele constructive şi prefabricate necesare lucrărilor de construcţii-montaj la linii electrice aeriene, staţii şi posturi de transformare se realizează centralizat, printr-o întreprindere industrială specializată, care execută printre altele şi următoarele produse principale:

— stîlpi metalici în construcţii sudate şi vopsite pentru LEA 110—400 kV;

— stîlpi metalici bulonaţi-zincaţi pentru LEA 110—400 kV;

— armături pentru LEA;

— posturi de transformare prefabricate;

— panouri şi pupitre de comandă etc.

Pe bază de studii şi experimentări s-au asimilat în producţie tehnologiile de execuţie corespunzătoare caracteristicilor lucrărilor de executat.

Pentru a reduce cît mai mult lucrările manuale prestate pe şantier s-a extins mult metoda prefabricării bazei materiale în întreprinderi proprii şi mecanizarea complexă a lucrărilor.

Pentru păstrarea echilibrului dintre costuri, productivitate şi mecanizare, metodele sînt aplicate diversificat. La construcţia LEA, la care volumul de manoperă este mare (în special la lucrări de infrastructură), accentul se pune pe mecanizare, iar la lucrările de staţii se face apel la mica mecanizare, în ambele sectoare urmărindu-se prefabricarea totală.

Soluţii de execuţie

La linii electrice aeriene

— Pentru transporturi la LEA amplasate în zone greu accesibile (muntoase, mlăştinoase etc.) se foloseşte cu succes elicopterul. Utilizarea acestui mijloc este limitată la transportul materialelor pentru fundaţii, al componentelor stîlpilor metalici, la transportul echipelor.

— Pentru transportul tamburelor cu conductoare şi al stîlpilor se folosesc remorcile speciale cu autoîncărcare acţionată hidraulic, obţinîndu-se rezultate deosebit de eficiente (reducerea numărului de automacarale, creşterea productivităţii şi a siguranţei muncii).

— Datorită faptului că la executarea lucrărilor de infrastructură a LEA se consumă un volum important de manoperă, au fost stabilite soluţii tehnico-economice pentru executarea mecanizată a săpăturilor şi a fundaţiilor, concomitent cu extinderea fundaţiilor prefabricate de tip ciupercă la stîlpii de susţinere a LEA de 110—400 kV. Sînt în curs de experimentare fundaţii pe piloţi introduşi prin vibrare.

— Săpăturile se execută mecanizat cu ajutorul excavatoarelor Tatra pentru LEA 220—400 kV. La stîlpii de beton armat săpăturile sînt executate cu ajutorul autoforezelor.

— Stîlpii metalici sau de beton sînt ridicaţi complet asamblaţi la sol, metodă care în condiţiile şi pentru tipurile de stîlpi folosite în prezent s-a dovedit a fi cea mai economică. Metoda prin clădire a fost folosită numai sporadic, şi anume pentru montarea stîlpilor de peste 70 m şi foarte grei (la traversări), sau în imposibilitatea practică a asamblării pe loc.

— Ridicarea stîlpilor de beton se face cu ajutorul automacaralelor cu acces în orice teren, de tip Tatra AD-090 sau AB-063, funcţie de greutate, sau cu ajutorul utilajelor de ridicat pe şenile proiectate şi executate de către TEM.

În mod curent, stîlpii metalici sînt ridicaţi prin rotire în jurul balamalelor, metodă simplă şi de mare productivitate, care, aplicată corect, conferă siguranţă din punctul de vedere al securităţii muncii.

Este în curs de asimilare ridicarea stîlpilor fără balamale, metodă care permite suprimarea ecliselor şi a căciulilor de fundaţie.

— Montarea conductoarelor constituie o operaţie importantă la construcţia LEA de înaltă şi foarte înaltă tensiune atît din punct de vedere valoric (circa 35%), cît şi din punct de vedere tehnico-organizatoric.

La montarea conductoarelor, faza tehnologică mai importantă, al cărei mod de lucru determină metoda, este desfăşurarea conductoarelor, alegerea metodei fiind funcţie de tensiunea liniei, tipul conductorului, caracteristicile terenului, obstacole etc. (fig. 9).

Pentru a preveni eroziunea şi coroziunea suprafeţei exterioare a conductorului (deci pierderile de energie), precum şi perturbaţiile radio şi telefonice, trebuie evitat contactul conductorului cu solul dur sau acoperit cu îngrăşăminte chimice (fig. 10).

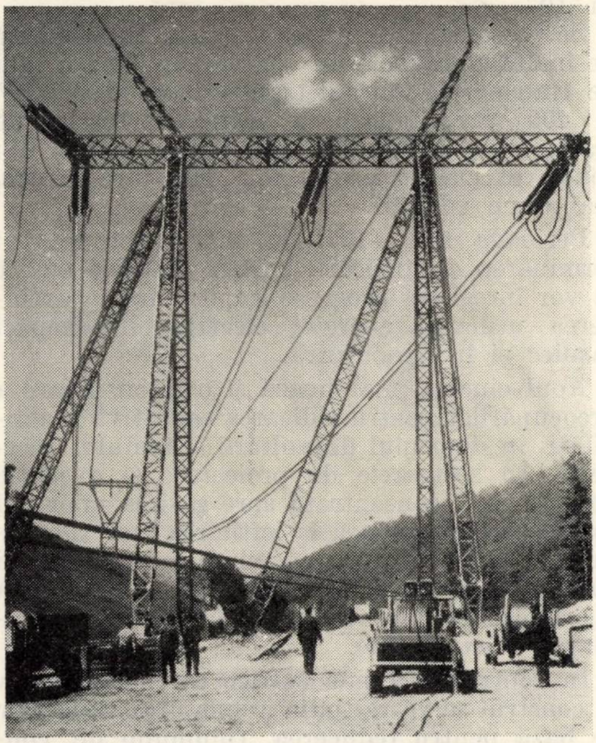


Fig. 9. Montarea conductoarelor la o linie de 400 kV.

În scopul satisfacerii acestor exigenţe a fost introdusă la LEA 110—400 kV — şi este în curs de generalizare — desfăşurarea sub tracţiune a conductorului prin tragere cu fir-pilot şi frînare.

Metoda asigură un grad ridicat de mecanizare, uşurează lucrările, reduce degradarea vegetaţiei, permite rezolvarea în unele cazuri a traversărilor şi necesită un număr redus de puncte de acces la traseu. Dezavantajele metodei constau în necesarul de utilaj complex şi relativ scump, precum şi de personal cu calificare superioară mai numeros.

Sînt folosite instalaţii de frînat pentru 1—2—3 conductoare, în trecut importate, care în prezent sînt în curs de asimilare de către industria de specialitate din ţară.

La montarea staţiilor electrice de transformare şi a cablurilor de înaltă tensiune

Cincinalul 1966—1970 a marcat trecerea masivă la tensiuni foarte înalte. În această perioadă, executarea staţiilor de 220 kV a devenit obişnuită, apărînd şi staţii de 400 kV.

Tehnologiile de montaj au fost adaptate corespunzător; staţiile de foarte înaltă tensiune au fost executate atît cu conductor fascicular de secţiune mărită, cît şi cu bare rigide din ţeavă de aluminiu, pentru care au fost asimilate noi tipuri de cleme, juguri şi distanţiere.

Corespunzător tensiunii staţiilor au crescut puterea şi, respectiv, dimensiunile aparatajelor şi transformatoarelor.

Dintre acestea, autotransformatoarele de 220 MVA—400/220 kV au ridicat probleme deosebite, în special la transportul lor în staţii la distanţe mari de calea ferată şi la manipulări. În cadrul TEM tehnologia de montaj a fost adaptată şi completată, făcînd posibilă montarea staţiilor în bune condiţii.

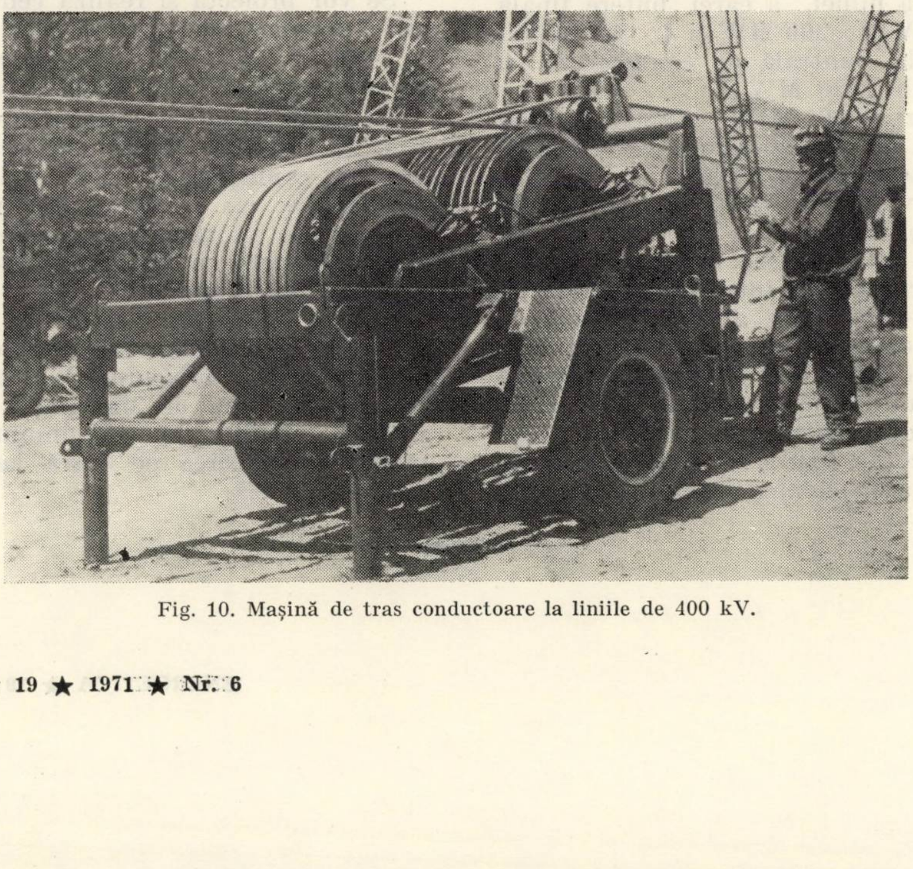


Fig. 10. Maşină de tras conductoare la liniile de 400 kV.

În domeniul cablurilor electrice subterane s-a înregistrat o creştere a cantităţii lucrărilor prin fabricarea în ţară a cablurilor de 1—10 kV cu izolaţie şi manta din materiale plastice prin elaborarea de tehnologii de execuţie care au condus la micşorarea cantităţilor de material importat. Astfel, în cadrul TEM au fost efectuate studii, încercări şi verificări în urma cărora a fost pusă la punct tehnologia de montaj pentru cutii terminale de interior şi exterior, manşoane de înnădire simple pentru cabluri izolate în PVC, manşoane de înnădire mixte între cabluri izolate în hîrtie şi cabluri izolate în PVC. Studiile şi încercările continuă în prezent pentru a înlocui toate materialele deficitare cu materiale uşor procurabile.

DEZVOLTAREA INSTALAŢIILOR ENERGETICE ÎN URMĂTORII ANI

În perioada 1971—1975 sectorul energetic va cunoaşte un ritm ridicat de dezvoltare depăşind valoarea medie cu 11%, ceea ce va permite ca în 1975 producţia de energie electrică să ajungă la 59 miliarde kWh, iar cea de căldură la 57 mil. Gcal. Realizarea acestei producţii se va face atît printr-o exploatare intensivă a instalaţiilor existente, cît şi prin montarea unor noi puteri de circa 6000 MW. În perioada 1975—1980 sînt prevăzute a se monta capacităţi de circa 9000 MW, printre care şi centrale nuclearoelectrice, ajungîndu-se la o putere totală instalată de 23 000 MW şi o producţie de 85 miliarde kWh.

Asigurarea punerilor în funcţiune a capacităţilor prevăzute a se instala în perioada 1971—1975 a necesitat începerea lucrărilor la o serie de obiective mari înainte de 1 ianuarie 1971. Astfel, au fost atacate lucrările la :

— CTE Rovinari, centrală de condensaţie instalată la gura minei, a cărei putere finală va fi de 1720 MW (2×200 MW şi 4×330 MW) ;

— CTE Brăila, centrală de condensaţie cu un profil final de 1620 MW ;

— CET Brazi (860 MW), etapele 2×200 MW cu grupuri de condensaţie şi 2×105 MW cu grupuri de termoficare urbană.

Un însemnat volum de investiţii şi de lucrări de construcţii şi montaj a fost efectuat în perioada 1966—1970 pentru centralele hidroelectrice care urmează să intre în funcţiune în cincinalul 1971—1975. În afară de Centrala hidroelectrică Porţile de Fier, la care ultimele patru agregate de 175 MW vor intra în funcţiune în anul 1971, un însemnat volum de lucrări s-a realizat la hidrocentrala de pe Lotru, care va avea o putere de 510 MW, şi la cele de pe Argeş-aval ; de asemenea, a început realizarea cascadelor de hidrocentrale de pe Someşul Mic şi Olt. În acest mod sînt atacate aproape toate lucrările centralelor hidroelectrice care sînt prevăzute a fi date în exploatare pînă în 1975.

Se va continua realizarea sistemului energetic de înaltă tensiune prin construirea de noi linii de transport şi staţii de transformare de 220 kV şi 400 kV, pentru a întregi arterele de transport şi a permite transportul puterii din zonele excedentare spre cele deficitare în cele mai bune condiţii.

Perioada 1971—1975 va marca totodată şi terminarea electrificării rurale, cu care ocazie se vor înregistra progrese importante în extinderea utilizării energiei electrice în scopuri casnice şi în agricultură.

Noul cincinal marchează şi o intensificare a preocupărilor pentru ridicarea calitativă a activităţii în domeniul dezvoltării sistemului energetic. În sectoarele de proiectare şi execuţie atenţia va fi concentrată spre găsirea unor noi soluţii care să conducă la ieftinirea lucrărilor de investiţii, reducerea consumului de metal şi lemn, obţinerea unor indicatori de eficienţă sporită, mărind în acelaşi timp gradul de siguranţă în exploatare.

În centralele termoelectrice care urmează a se construi se va restudia amplasarea utilajelor de bază pentru reducerea volumului de construcţii şi, totodată, se va extinde mai mult amplsarea instalaţiilor în aer liber. Turnurile de răcire vor fi de debite mari, între 25 000—40 000 m^3/h.

La lucrările noi de centrale hidroelectrice se va trece la folosirea pe scară largă a barajelor din materiale locale, care prezintă mari avantaje în privinţa reducerii consumului de metal.

Se vor proiecta şi realiza centrale hidroelectrice echipate cu grupuri-bulb, care prezintă o serie de avantaje tehnico-economice faţă de hidrocentralele cu grupuri clasice.

La liniile electrice aeriene se vor îmbunătăţi tipurile de stîlpi. Stîlpii pentru înaltă tensiune vor fi confecţionaţi din oţeluri superioare inoxidabile, iar la cei pentru medie şi joasă tensiune se va asimila o nouă gamă de stîlpi precomprimaţi, cu caracteristici superioare celor fabricaţi în prezent.

Se va trece la folosirea conductoarelor Al-coro, cu caracteristici superioare celor din aluminiu, care vor conduce la ieftinirea liniilor şi mărirea gradului de siguranţă în exploatare. Izolaţia liniilor se va îmbunătăţi şi mai mult prin folosirea pe scară largă a izolatoarelor de sticlă.

ENERGETICA INDUSTRIALĂ A ROMÂNIEI

Bernard Marcu,
inspector general
Inspecţia Generală Energetică

Dezvoltarea industrială a României are loc în condiţiile modernizării gospodăriei energetice a întreprinderilor industriale şi ale orientării mai ferme în direcţia utilizării raţionale a energiei de toate formele.

Procesele tehnologice foarte pretenţioase adoptate în industria chimică, în metalurgie şi în alte sectoare în care s-a extins utilizarea tiristoarelor şi a motoarelor sincrone impun exigenţe sporite în asigurarea continuităţii în alimentarea cu energie. În acest sens, printr-o mai strînsă colaborare între tehnologi, energeticienii industriali şi specialiştii furnizorului de energie, s-a procedat la reexaminarea soluţiilor de alimentare a marilor platforme industriale. Au fost stabilite măsuri necesare îmbunătăţirii gradului de asigurare a consumatorilor vitali prin modificarea schemelor primare, montarea de grupuri de intervenţie, introducerea de automatizări suplimentare sau de blocaje pe partea tehnologică.

Soluţiile noi adoptate în proiectare au reuşit să asigure un înalt grad de valorificare a resurselor energetice secundare, concomitent cu o desensibilizare a principalelor agregate tehnologice faţă de influenţa evenimentelor ce afectează sursele externe de alimentare cu energie (prin antrenarea acestora cu turbine acţionate cu abur produs în recuperatoare).

★

Creşterea rapidă a consumului de energie primară (dublarea are loc în 8—10 ani) şi a celui de energie electrică (dublarea are loc în 5—7 ani), precum şi caracterul limitat al resurselor clasice de energie primară de care dispunem impun gospodărirea raţională a acestora.

Necesităţile interne de energie ale României au fost acoperite, în principal, cu gaze naturale şi produse petroliere, după cum rezultă din tabelul 1.

Tabelul 1

Forma de energie	1960	1965	1970
Ţiţei, mil. t	11,5	12,6	15,7
Gaze naturale, miliarde m³	9,1	17,1	24,6
Cărbuni, mil. t	7,1	10,9	21,1
Energie hidraulică, miliarde kWh	0,4	1,0	2,8

Corespunzător ponderii sale în economia naţională, industria consumă cea mai mare parte din aceste resurse energetice.

Dintre agregatele consumatoare de combustibil, cazanele de abur şi apă fierbinte şi cuptoarele industriale au o pondere foarte ridicată. De aceea, în cadrul acţiunii de ridicare a randamentului utilajelor de transformare şi a utilizării energiei, un loc central este ocupat de modernizarea şi perfecţionarea cazanelor şi cuptoarelor industriale, precum şi de valorificarea resurselor energetice secundare.

Pentru sporirea eficienţei economice a utilizării combustibililor şi reducerea investiţiilor necesare alimentării cu căldură a întreprinderilor industriale se promovează cu insistenţă cooperarea în realizarea de centrale termice, construcţia de centrale de termoficare industrială sau racordarea la reţelele publice de termoficare.

De asemenea, prin alegerea adecvată a agenţilor energetici utilizaţi, prin întocmirea de bilanţuri energetice şi analiza acestora, prin introducerea de procedee tehnologice moderne, cum ar fi insuflarea oxigenului pentru intensificarea proceselor în siderurgie, precum şi prin casarea unor instalaţii cu randamente scăzute s-a ameliorat nivelul tehnic al utilizării energiei.

Ca urmare a soluţiilor şi măsurilor menţionate, a punerii în funcţiune a unor instalaţii moderne cu randamente ridicate, a modernizării instalaţiilor existente şi a aplicării de măsuri pentru raţionalizarea consumurilor energetice, în perioada 1966—1970, s-a obţinut o scădere a consumurilor specifice energetice de circa 10% în comparaţie cu anul 1965.

Pentru perioada 1971—1975 se preconizează reducerea consumurilor specifice de energie cu cel puţin 12% faţă de nivelul realizărilor din 1970. În vederea atingerii acestui obiectiv a fost întocmit un program de măsuri de raţionalizare a consumurilor energetice ce urmează a fi aplicate în toate ramurile economiei naţionale în perioada 1971—1975. De asemenea, pentru perioada 1971—1980 a fost întocmit un amplu program prioritar de cercetare a gospodăririi raţionale a energiei. În cadrul acestui program un număr important de teme se referă la optimizarea bilanţurilor energetice, la asimilarea de noi instalaţii, utilaje, echipamente şi materiale şi la îmbunătăţirea parametrilor celor existente.

Recuperarea resurselor energetice secundare

Recuperarea resurselor energetice secundare este în atenţia energeticienilor industriali, în ultimii ani obţinîndu-se realizări remarcabile. După date orientative, în prezent se utilizează circa 64,5% din resursele energetice secundare disponibile. Utilizarea acestora are loc fie în întreprinderile industriale care le produc, fie în cooperare cu alte întreprinderi sau centrale electrice, cum este cazul unor gaze combustibile sau al altor resurse provenite din procesele tehnologice de la Combinatul siderurgic Galaţi, Combinatul chimic Craiova sau Combinatul chimic Borzeşti.

Ca urmare a cercetărilor efectuate, au fost clarificate problemele referitoare la posibilităţile de ardere şi transport al gazului de semicocs de la Uzina „Victoria"—Călan, trecîndu-se la construcţia unei centrale electrice experimentale care va folosi drept combustibil acest gaz.

O dată cu extinderea cu noi instalaţii de fabricare a negrului de fum la Uzina chimică Copşa Mică se va rezolva şi problema utilizării gazelor combustibile reziduale provenite din acest proces tehnologic.

Pentru reducerea la minimum a pierderilor de gaz de furnal de la Combinatul siderurgic Galaţi au fost efectuate numeroase încercări ale funcţionării cazanelor de abur din CET Galaţi în condiţiile variaţiei debitului şi a presiunii gazului livrat.

Generalizarea unor soluţii de recuperare a resurselor energetice secundare termice se va face după analizarea detaliată a comportării în exploatare a recuperatoarelor proiectate şi executate.

Este necesară, de asemenea, cercetarea problemelor aferente valorificării căldurii produselor, a zgurelor şi a resurselor de potenţial scăzut,

Normarea şi reducerea consumurilor specifice energetice în industrie

În gospodărirea diferitelor forme de energie, prin norme de consum — elaborate de către întreprinderi, cu sprijinul organelor de control energetic, concomitent cu stabilirea măsurilor necesare pentru economisirea energiei — se urmăreşte asigurarea utilizării raţionale a acesteia.

Numărul produselor pentru care au fost stabilite, în anul 1970, norme de consum a fost de 217 pentru energia electrică şi, respectiv, 193 pentru combustibil. Prin norme de stat s-a cuprins 64% şi, respectiv, 66% din consumul total de energie electrică şi de combustibil al industriei.

Dinamica consumurilor specifice energetice pentru cîteva din principalele produse este redată în tabelul 2.

Acţiunile concentrate ce se desfăşoară pentru clarificarea şi unificarea structurii normelor de consum, pentru îmbunătăţirea dotării cu aparatajul de măsură şi control necesar urmăririi consumurilor, pentru îmbunătăţirea organizării analizei operative a cauzelor depăşirii consumurilor normate şi pentru cointeresarea materială a personalului, precum şi lucrările de îmbunătăţire a fundamentării tehnice a normelor vor avea ca rezultat o mai strictă încadrare a consumurilor în limitele normate.

Tabelul 2

Denumirea produsului	1966	1970
Energie electrică produsă cu TA în centrale publice, t c.c./MWh	0,3772	0,3368
Oţel Martin în întreprinderile MICM, t c.c./t	0,319	0,283
Oţel Martin în întreprinderile metalurgice, t c.c./t	0,189	0,174
Laminate finite şi semifabricate, t c.c./t	0,116	0,099
kWh/t	53,2	55,24
Clincher, t c.c./t	0,232	0,202
Ciment, kWh/t	94,04	97,65
Oţel electric, kWh/t	832	770
Cărbune extras, kWh/t	24,3	18,28
Ţiţei supus prelucrării, t c.c./t	0,1499	0,1278
Fontă brută, kWh/t	36,2	23,34
Ţevi laminate, kWh/t	193	238,28
Hîrtie şi cartoane, t c.c./t	0,6098	0,5103
kWh/t	1005	948,20
Amoniac anhidru, t c.c./t	1,379	1,446
kWh/t	1582	1120
Îngrăşăminte azotoase 100% N_2, t c.c./t	—	—
kWh/t	251	180
Alumină calcinată, t c.c./t	0,981	0,870
kWh/t	362,3	362,2
Cauciuc sintetic, t c.c./t	4,695	4,374
kWh/t	3545	3021,7
Sodă caustică electrolitică, t c.c./t	0,206	0,221
kWh/t	3220	3270

Producţia de energie electrică şi termică a autoproducătorilor

Dacă în perioada începuturilor electrificării ţării ponderea producţiei de energie electrică a centralelor proprii aparţinînd întreprinderilor industriale era importantă, treptat, o dată cu creşterea sectorului public, participarea acestora la producţia de energie electrică s-a redus, fiind în 1970 de circa 2865 GWh, respectiv 8,2% din totalul energiei electrice produse.

În principal, centralele electrice ale autoproducătorilor menţinute în funcţiune, sau cele noi, ce se construiesc, sînt centrale de termoficare menite să asigure producerea în condiţii economice a aburului necesar proceselor tehnologice şi încălzirii. În unele cazuri au fost instalate şi grupuri de condensaţie sau Diesele cu pornire rapidă pentru asigurarea continuităţii alimentării cu energie electrică a consumatorilor foarte pretenţioşi.

În întreprinderile siderurgice şi chimice, în fabricile de celuloză şi hîrtie etc. centralele electrice proprii asigură şi utilizarea gazelor combustibile industriale sau a altor deşeuri combustibile rezultate din procesele tehnologice.

Căldura produsă în termoficare în centralele electrice ale autoproducătorilor a fost în anul 1969 de 20 270 mii Gcal, reprezentînd 51,6% din cantitatea totală produsă în acest mod în economia noastră. Este de remarcat creşterea continuă a ponderii cu care intervin centralele publice de termoficare în asigurarea necesităţilor de căldură ale industriei (de la 9,1% în anul 1960 la 48,4% în 1969), precum şi faptul că se ridică probleme serioase în cooperarea dintre furnizorii şi consumatorii de căldură privitor la utilizarea cu eficienţă sporită a căldurii livrate, returnarea în proporţii corespunzătoare a condensatului la centralele electrice etc.

Extinderea folosirii energiei electrice în economie

Consumul industriei ocupă în continuare un loc preponderent în balanţa consumului intern de energie electrică. Astfel, dintr-un consum intern net de circa 26 900 GWh înregistrat în anul 1970, partea ce revine industriei este de circa 83%.

În tabelul 3 se redă dinamica consumului de energie electrică pe muncitor industrial (în calcul este inclus şi consumul propriu tehnologic al centralelor electrice).

Tabelul 3

Anul	1950	1955	1960	1965	1970
kWh/muncitor	2323	3425	4922	8131	circa 13 500

În industrie, consumul preponderent de energie electrică îl deţin motoarele electrice pentru antrenarea utilajelor tehnologice, aşa cum reiese din datele referitoare la anul 1969, prezentate în tabelul 4.

Tabelul 4

Natura receptoarelor	Putere instalată		Consum	
	MW	%	GWh	%
Electromotoare	9794	78	16740	75,7
Electrotermice	1119	8,9	2007	9,1
Electrochimice	304	2,4	2033	9,2
Iluminat	520	4,2	89	4,0
Alte receptoare	810	6,5	41,2	2,0

Dintre ramurile industriale, industriei chimice îi revine locul cel mai important atît din punctul de vedere al dotării cu receptoare electrice, cît şi din punctul de vedere al consumului de energie electrică.

Situaţia puterii instalate în receptoare electrice şi a consumului acestora pe principalele ramuri industriale, în cursul anului 1969, este prezentată în tabelul 5.

Tabelul 5

Denumirea ramurii	Putere instalată, MW	Consum, GWh
Total industrie,	12547	22113
din care:		
industria chimică	2060	6602
industria energiei electrice	1932	2502
industria metalurgică	1418	2006
industria construcţiilor de maşini	1264	1739
industria lemnului	703	1625
industria petrolieră	723	1352
industria minieră	614	1247
industria uşoară	492	1026
industria materialelor de construcţii	361	986

În ultimii ani au intervenit cu o pondere apreciabilă în balanţa consumului de energie electrică industrii noi, cum este cea a aluminului. De asemenea, sînt în creştere consumurile pentru procese electrotermice, în primul rînd pentru fabricarea carbidului şi a oţelului.

Îmbunătăţirea factorului de putere

Începînd din anul 1955 au fost aplicate măsuri sistematice de îmbunătăţire a factorului de putere al consumatorilor de energie electrică alimentaţi din reţelele sistemului electroenergetic, aceştia fiind cointeresaţi prin aplicarea unui sistem de bonificări şi penalizări la tariful de energie electrică.

Întreprinderile industriale au folosit pe scară largă posibilităţile naturale de ameliorare a factorului de putere, au instalat puteri importante în condensatoare statice şi au recurs, acolo unde se justifica tehnic şi economic, la acţionarea utilajelor cu motoare sincrone.

Ca urmare a acestor acţiuni se poate aprecia că nivelul atins este comparabil cu cele mai bune realizări pe plan mondial. În tabelul 6 sînt redate valorile medii anuale ale factorului de putere înregistrate la marii consumatori industriali în perioada 1955–1970.

Tabelul 6

Anul	1955	1960	1965	1970
cos φ mediu	0,69	0,86	0,9225	0,944

La finele anului 1970, în principalele ramuri industriale factorul de putere mediu a atins valorile din tabelul 7.

Tabelul 7

Ramura industrială	cos φ
Industria cărbunelui	0,97
Industria petrolieră (extracţie)	0,95
Industria metalurgiei feroase	0,96
Industria metalurgiei neferoase	0,94
Industria construcţiilor de maşini	0,95
Industria chimică	0,93
Industria cimentului	0,95
Industria celulozei şi hîrtiei	0,96
Industria prelucrării lemnului	0,95

Reglajul curbei de sarcină a consumatorilor

Fiind un mijloc important de ameliorare a eficienţei investiţilior şi a economicităţii funcţionării instalaţiilor sistemului energetic, reglajul curbei de sarcină a consumatorilor constituie obiectul unei preocupări permanente. Realizările favorabile, evidenţiate printr-un coeficient de aplatisare de 0,871 (în decembrie 1970) şi, respectiv, de 0,95 a curbei marilor consumatori industriali, sînt sprijinite pe un sistem adecvat de tarifare a energiei electrice.

Consumatorii-tampon de energie electrică şi-au demonstrat eficienţa, contribuind în 1970 la o reducere a vîrfului de sarcină cu circa 160 MW. Participarea consumatorilor-tampon la reglajul curbei de sarcină se face pe baza programului stabilit de Inspecţia generală energetică, de comun acord cu Dispecerul sistemului energetic naţional.

În viitorul apropiat, ţinînd seama de puterile importante cu care intervin sistemele de irigaţii, va fi necesar să se studieze şi să se valorifice, în mod corespunzător, posibilităţile acestora de a evita consumul de energie electrică în orele vîrfului de sarcină.

◆

Revista „ENERGETICA" — organ al Ministerului Energiei Electrice şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R.S. România (CNIT). Redacţia: Bucureşti, str. Galaţi nr. 5 — 7 Sectorul II: Tel. 136683: 130053. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinete tehnice în contul nostru de virament: nr. 30.01 01.00 B.N.R.S.R. — Sectorul VI. Tarif pentru întreprinderi lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri lei 30 anual. Preţul unui exemplar lei 5

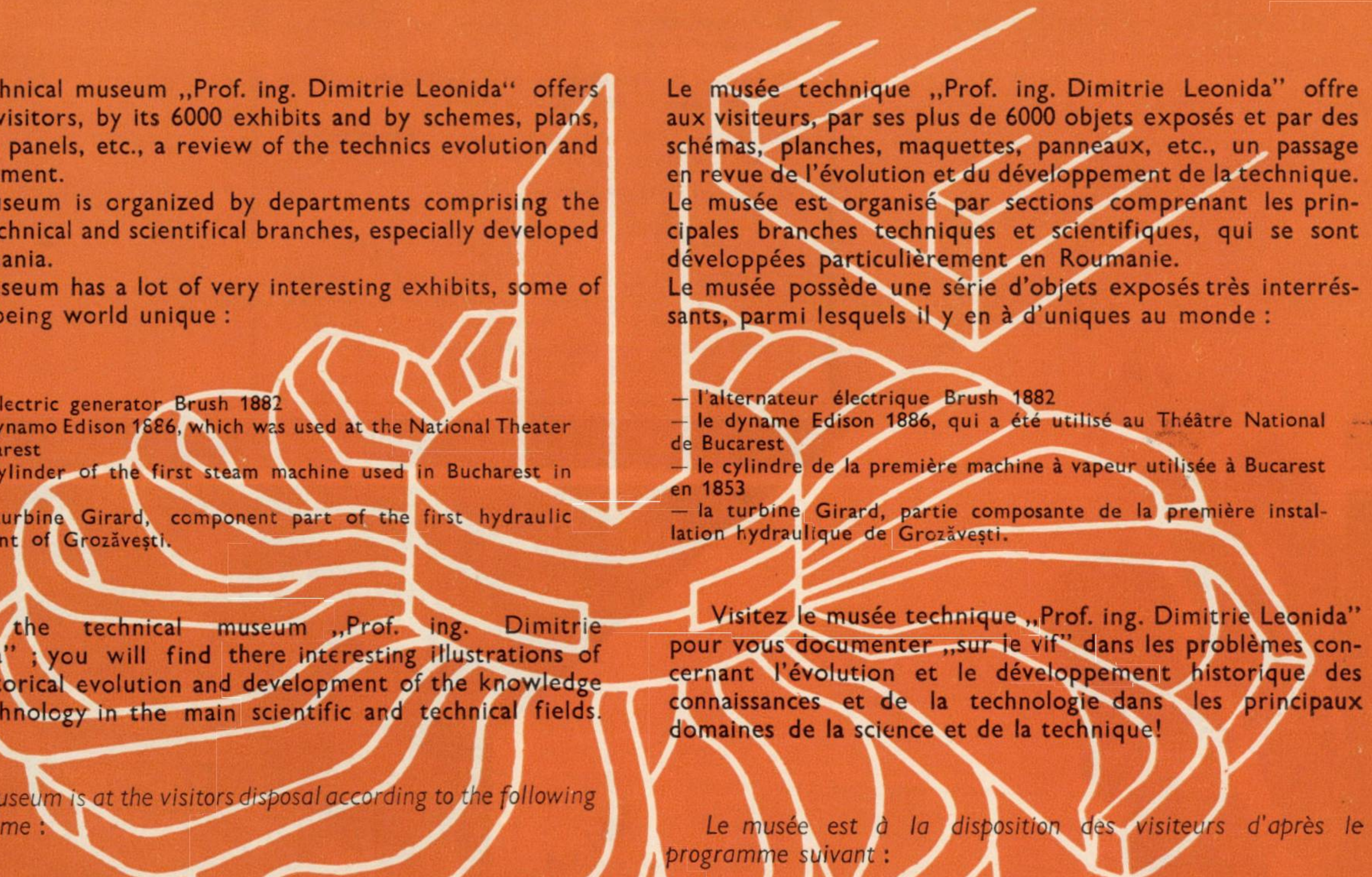
Taxele poştale plătite în numerar conform aprobări D.G.P.T. nr. 10.1095, 1967

Prezentarea grafică de Teodora Constantinescu

41 401

MUZEUL TEHNIC

Prof. Ing. Dimitrie Leonida



The technical museum „Prof. ing. Dimitrie Leonida" offers to the visitors, by its 6000 exhibits and by schemes, plans, models, panels, etc., a review of the technics evolution and development.
The museum is organized by departments comprising the main technical and scientifical branches, especially developed in Romania.
The museum has a lot of very interesting exhibits, some of which being world unique :

- — the electric generator Brush 1882
- — the dynamo Edison 1886, which was used at the National Theater in Bucharest
- — the cylinder of the first steam machine used in Bucharest in 1853
- — the turbine Girard, component part of the first hydraulic equipment of Grozăveşti.

Visit the technical museum „Prof. ing. Dimitrie Leonida" ; you will find there interesting illustrations of the historical evolution and development of the knowledge and technology in the main scientific and technical fields.

The museum is at the visitors disposal according to the following programme :

— Sunday	from	8.00 a.m. to 8 p.m.
— Monday	closed	
— Tuesday	from	7.30 a.m. to 3.30 p.m.
— Wednesday	„	7.30 a.m. „ 3.30 p.m.
— Thursday	„	7.30 a.m. „ 5 p.m.
— Friday	„	7.30 a.m. „ 4 p.m.
— Saturday	„	7.30 a.m. „ 2.30 p.m.

Technical museum „Prof. ing. Dimitrie Leonida"
Bucharest — Parcul Libertăţii

Le musée technique „Prof. ing. Dimitrie Leonida" offre aux visiteurs, par ses plus de 6000 objets exposés et par des schémas, planches, maquettes, panneaux, etc., un passage en revue de l'évolution et du développement de la technique.
Le musée est organisé par sections comprenant les principales branches techniques et scientifiques, qui se sont développées particulièrement en Roumanie.
Le musée possède une série d'objets exposés très interréssants, parmi lesquels il y en à d'uniques au monde :

- — l'alternateur électrique Brush 1882
- — le dyname Edison 1886, qui a été utilisé au Théâtre National de Bucarest
- — le cylindre de la première machine à vapeur utilisée à Bucarest en 1853
- — la turbine Girard, partie composante de la première installation hydraulique de Grozăveşti.

Visitez le musée technique „Prof. ing. Dimitrie Leonida" pour vous documenter „sur le vif" dans les problèmes concernant l'évolution et le développement historique des connaissances et de la technologie dans les principaux domaines de la science et de la technique!

Le musée est à la disposition des visiteurs d'après le programme suivant :

— Dimanche	de 8,00	à	20,00
— Lundi	fermé		
— Mardi	de 7,30	à	15,30
— Mercredi	„ 7,30	„	15,30
— Jeudi	„ 7,30	„	17,00
— Vendredi	„ 7,30	„	16,00
— Samedi	„ 7,30	„	14,30

Le musée technique „Prof. ing. Dimitrie Leonida"
Bucarest — Parcul Libertăţii

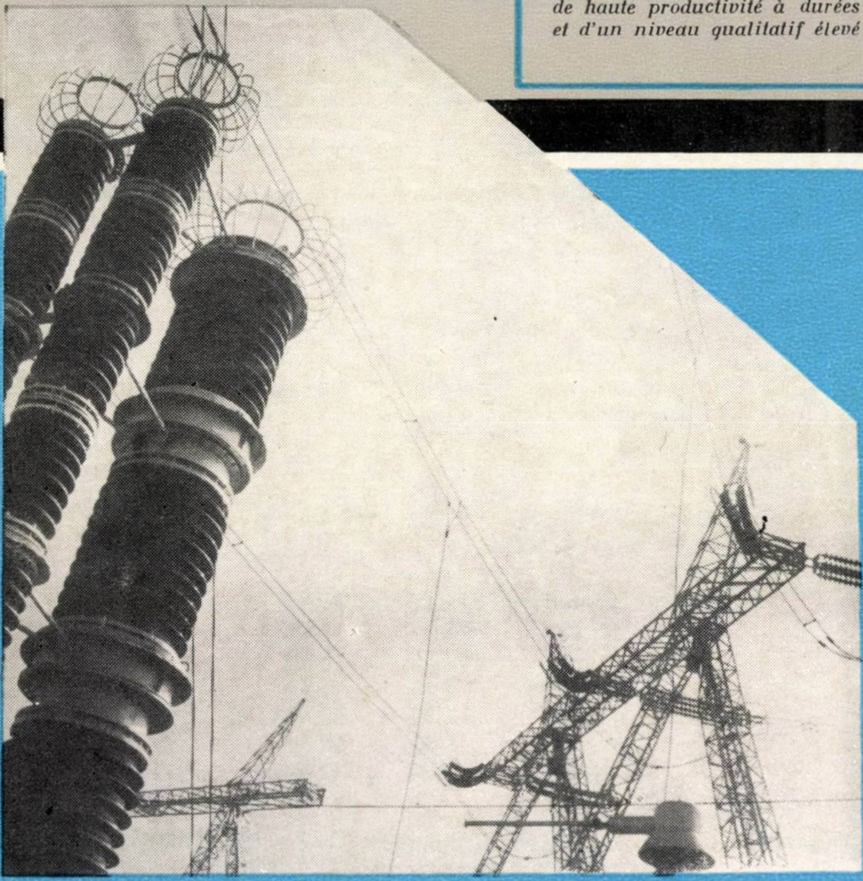
OFICIUL DE DOCUMENTARE ENERGETICĂ

INTREPRINDEREA
Electromontaj
BUCUREȘTI

Exécute des travaux de montage pour les installations du réseau électrique:

- **Lignes électriques de transport pour tensions jusqu'à 400 kV**
- **Postes de transformateurs à 35—400 kV**
- **Réseaux d'éclairage public**
- **Lignes électriques de distribution de haute et moyenne tension**
- **Postes de distribution pour toute puissance et tout rapport de transformation**
- **Lignes électriques en câbles souterrains et sous-fluviaux jusqu'à 110 kV**
- **Electrifications rurales**

Les travaux de montage sont exécutés par ÎNTREPRINDEREA ELECTROMONTAJ BUCUREȘTI par des procédés technologiques modernes de haute productivité à durées d'exécution minimes et d'un niveau qualitatif élevé



Carries out erection works for power systems equipment and electrical networks

- Transmission lines for voltage up to 400 kV
- Transformer substations ranging from 35 to 400 kV
- Public lighting networks
- Distribution lines of high and medium voltage
- Substations for any capacity and transformation ratio
- Underground and under-river electrical cables up to 110 kV
- Rural electrifications

The erection works are carried out by ÎNTREPRINDEREA ELECTROMONTAJ BUCUREȘTI by high productivity modern technological processes, in short delivery times and at high quality level

București, Str. Candiano Popescu nr. 1, Sectorul 5, tel. 23.88.30 telex 011.208

TEM

CARRIES OUT THROUGH ITS CONSTRUCTION UNITS :

- Substations up to 400 kV and transformer posts for any capacity and transformation ratio
- Transmission lines for voltage up to 400 kV
- Overhead distribution lines and cables of high and medium voltage
- Rural electrifications
- Installations for public lighting

PRODUCES BY ITS INDUSTRIAL UNITS :

- Welded or bolted-galvanized steel towers for overhead lines of high and very high voltage
- Centrifugated or vibrated reinforced concrete poles overhead lines of high, medium and low voltage
- Switch-board panels for control, measurement, protection, and signallization for power plants and substations
- Open type prefabricated cubicles up to 20 kV and 250 A
- Completely prefabricated urban and rural transformer posts up to 20 kV and 630 kVA
- Different prefabricated elements for electrical power plants, substations, transformer posts, transmission and distribution lines.

For manufacturing the industrial products and electrical equipment, TRUSTUL ELECTROMONTAJ uses high productivity technological processes which ensure short delivery times and high level quality of the works and products

EXÉCUTE PAR SES UNITÉS DE CONSTRUCTION :

- Postes électriques jusqu'à 400 kV et postes de transformateurs de toute puissance et pour tout rapport de transformation
- Lignes électriques de transport pour tensions jusqu'à 400 kV
- Lignes électriques aériennes de distribution et en câble de haute et moyenne tension
- Electrifications rurales
- Installations d'éclairage public

PRODUIT PAR SES UNITÉS INDUSTRIELLES :

- Poteaux métalliques pour lignes électriques aeriennes de haute et très haute tension en construction soudée ou boulonnée-galvanisée
- Poteaux en béton armé centrifugé ou vibré pour lignes électriques aériennes de haute, moyenne et basse tension
- Panneaux de commande, mesure, protection et signalisation pour centrales et postes électriques
- Célulles préfabriquées type ouvert jusqu'à 20 kV et 250 A
- Postes de transformation urbains et ruraux complètement préfabriqués jusqu'à 20 kV et 630 kVA
- Divers préfabriqués pour centrales électriques, postes d'interconnexion et de transformation et lignes électriques de transport et distribution

TRUSTUL ELECTROMONTAJ BUCUREȘTI utilise des procédés technologiques de grande productivité qui conduisent à de courtes durées d'exécution et à un haut niveau qualitatif de ses travaux et produits.

Head office:

București, Calea Moșilor Nr. 158
tel. 16.63.30 telex TRELMONTAJ — 271

TRUSTUL ELECTROMONTAJ – BUCUREȘTI

energoconstructia

ÎNTREPRINDEREA ENERGOCONSTRUCŢIA
BUCUREŞTI, Calea Dorobanţi nr. 103—105
tel. 11.70.00, telex 178

EXÉCUTE DES TRAVAUX DE GÉNIE CIVIL POUR CENTRALES THERMIQUES ET À PRODUCTION COMBINÉE CHALEUR/FORCE À PUISSANCES INSTALLÉES JUSQU'À 2000 MW

- Halles de chaudières et turbines, salles de commande, etc.
- Constructions hydrotechniques afférentes aux centrales thermiques : barrages, canaux, conduites métalliques et en béton armé
- Cheminées jusqu'à 250 m de hauteur
- Tour de réfrigération hyperboliques en béton armé de grande capacité et tours de réfrigération à tirage forcé
- Fondations pour groupes turbine-alternateur jusqu'à 350 MW
- Stations pour le traitement chimique de l'eau
- Réservoirs de combustible
- Réseaux de chauffage industriel et urbain à conduites d'un diamètre allant jusqu'à 1500 mm
- Routes et voies ferrés

CARRIES OUT CONSTRUCTION WORKS FOR THERMAL POWER PLANTS AND COMBINED HEAT AND POWER PLANTS WITH INSTALLED CAPACITY UP TO 2000 MW :

- Boiler and turbine halls, control rooms etc.
- Hydrotechnical constructions appropriate for thermal power plants : dams, channels, metallic and reinforced concrete pipes
- Chimneys up to 250 m high
- High capacity reinforced concrete hyperbolic cooling towers and forced draught cooling towers
- Turbine-generator set foundations up to 350 MW
- Stations for chemical treatment of water
- Fuel tanks
- Urban and industrial heating networks with pipe diameter up to 1500 mm
- Roads and railways

LES TRAVAUX DE CONSTRUCTION SONT ÉXÉCUTÉS PAR ÎNTREPRINDEREA ENERGOCONSTRUCŢIA PAR DES PROCÉDÉS TECHNOLOGIQUES MODERNES DE HAUTE PRODUCTIVITÉ, COMME SUIT :

a) glissages de structures spatiales et planes en béton armé
b) montages de constructions métalliques et préfabriqués lourds en béton armé,

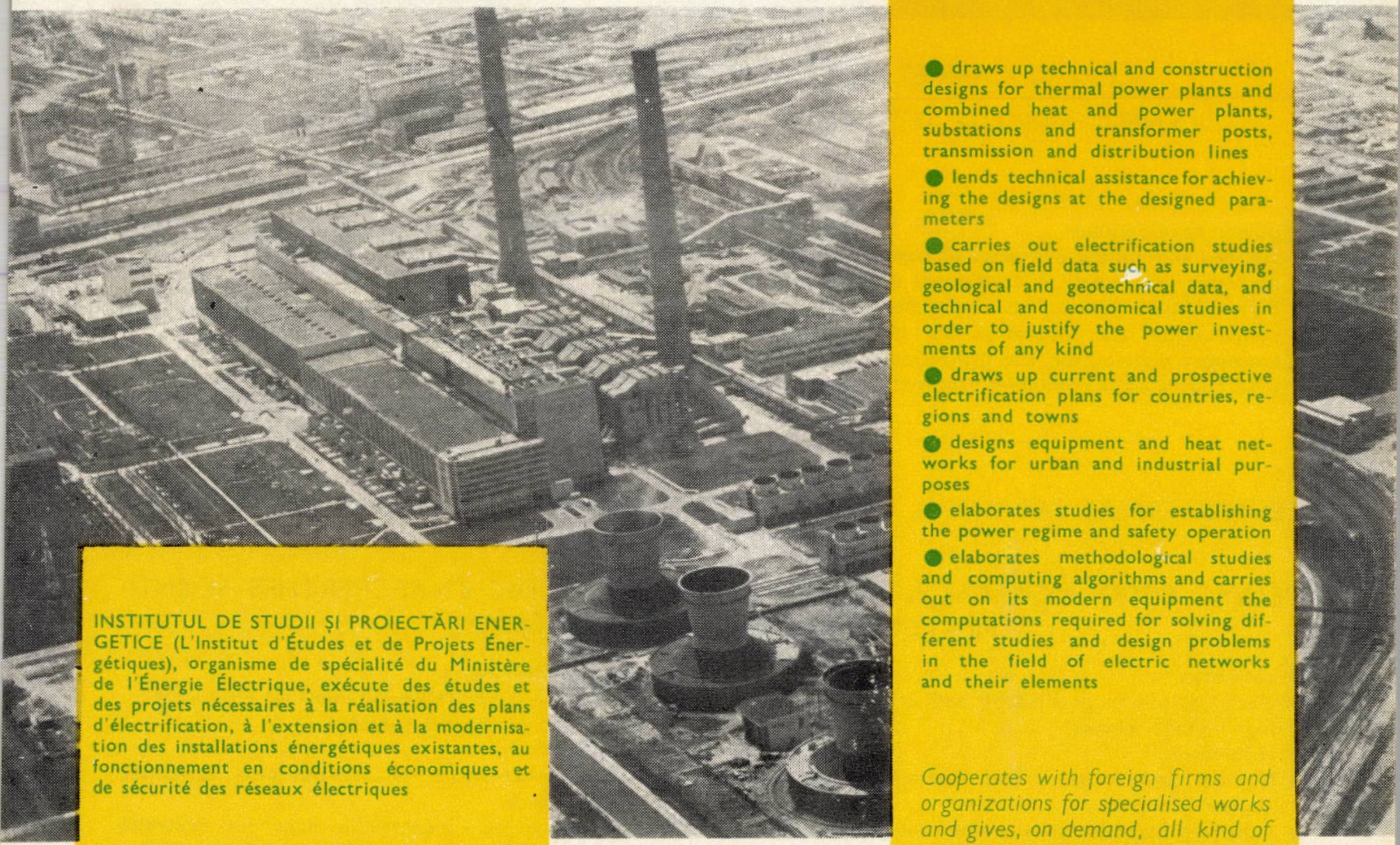
THE CONSTRUCTION WORKS ARE CARRIED OUT BY ÎNTREPRINDEREA ENERGOCONSTRUCŢIA BY HIGH PRODUCTIVITY MODERN TECHNOLOGICAL PROCESSES SUCH AS:

a) sliding of reinforced concrete plane and spatial structures
b) metallic constructions and heavy reinforced concrete prefabricated elements erections,

Les constructions métalliques et les préfabriqués sont exécutés dans ses propres unités, bien outillées

ispe

INSTITUTUL DE STUDII ȘI PROIECTĂRI ENERGETICE (The Institute for Power Studies and Designs), the specialised body of the Ministry of Electric Energy, carries out studies and designs required for the achievement of the electrification plans, the extension and modernization of the existing power equipment, and for the electric networks operation in economic and safety conditions



- draws up technical and construction designs for thermal power plants and combined heat and power plants, substations and transformer posts, transmission and distribution lines
- lends technical assistance for achieving the designs at the designed parameters
- carries out electrification studies based on field data such as surveying, geological and geotechnical data, and technical and economical studies in order to justify the power investments of any kind
- draws up current and prospective electrification plans for countries, regions and towns
- designs equipment and heat networks for urban and industrial purposes
- elaborates studies for establishing the power regime and safety operation
- elaborates methodological studies and computing algorithms and carries out on its modern equipment the computations required for solving different studies and design problems in the field of electric networks and their elements

Cooperates with foreign firms and organizations for specialised works and gives, on demand, all kind of engineering assistance in the power industry field.

INSTITUTUL DE STUDII ȘI PROIECTĂRI ENERGETICE (L'Institut d'Études et de Projets Énergétiques), organisme de spécialité du Ministère de l'Énergie Électrique, exécute des études et des projets nécessaires à la réalisation des plans d'électrification, à l'extension et à la modernisation des installations énergétiques existantes, au fonctionnement en conditions économiques et de sécurité des réseaux électriques

- établit des projets techniques et d'exécution pour centrales thermiques et centrales à production combinée chaleur/force, postes d'interconnexions et de transformateurs, lignes électriques de transport et de distribution
- accorde assistance technique pour la réalisation des projets au paramètres projetés
- exécute des études d'électrification, conformément aux données de terrain: topographiques, géologiques, géotechniques et des études techniques et économiques pour la fondamentation des investissements énergétiques de tout genre
- établit les plans d'électrification courante et de perspective pour des pays, régions ou villes
- établit les projets des installations et des réseaux de chauffage pour utilisations urbaines et industrielles
- élabore des études concernant l'établissement des régimes de fonctionnement et de sécurité des réseaux électriques
- élabore des études méthodologiques et algorithmes de calcul et effectue, par ses installations modernes, tous les calculs nécessaires pour la résolution de différents problèmes d'études et de projets du domaine des réseaux électriques ou des élements de ceux-ci

Collabore avec des entreprises et organisations étrangères pour des travaux de spécialité et accorde sur demande tout service de specialité dans le domaine énergétique.

ispe

BUCUREȘTI.
Bd. Lacul Tei nr. 1,
Tel. 12.19.70, 12.71.41
Telex. 011.177

ICENERG

ICENERG CARRIES OUT SCIENTIFIC RESEARCHES TO ENSURE:

ICENERG EXÉCUTE DES RECHERCHES SCIENTIFIQUES POUR ASSURER:

- power developments
- safe and economical operation of power equipment
- continuity and safety in consumers supply
- high technical level in the equipment designing, construction and operation for the generation, transport, distribution, and utilization of power and heat generated in combined heat and power plants

- le développement du réseau électrique
- l'exploitation sûre et économique des installations du réseau électrique
- la continuité et la sécurité dans l'alimentation des consommateurs
- l'augmentation du niveau technique dans l'établissement des projets, la construction et l'exploitation des installations de production, transport, distribution et utilisation de l'énergie électrique et de la chaleur, produites par des centrales à production combinée chaleur/force.

ICENERG OFFERS TECHNICAL ASSISTANCE BY STUDIES AND SCIENTIFICAL RESEARCHES IN FOLLOWING FIELDS:

ICENERG OFFRE ASSISTANCE TECHNIQUE PAR DES ÉTUDES ET RECHERCHES SCIENTIFIQUES DANS LES DOMAINES SUIVANTS:

- networks
- electrical power production and utilization
- high voltage tehnics
- automation
- thermal power plants and combined heat and power plants
- industrial hydrotechnics in thermal power plants
- thermal power plants chemistry
- economical researches and scientific organization of production

- réseaux électriques
- production et utilisation de l'énergie électrique
- technique des hautes tensions
- automatisation
- centrales thermiques et à production combinée chaleur/force
- hydrotechnique industrielle dans les centrales thermiques
- la chimie des centrales thermiques
- recherches économiques et organisation scientifique de la production

ICENERG HIGH CAPACITY TRANSFORMER STATION IS AT YOUR DISPOSAL FOR:

LE POSTE DE HAUTE PUISSANCE D'ICENERG EST A VOTRE DISPOSITION POUR:

- checking tests of switch commutation capacity
- checking tests of sudden short-circuit resistance and of power transformers
- high voltage electric equipment checking during power operation

- essais pour vérifier la capacité de commutation des disjoncteurs
- essais pour vérifier la résistance de court-circuit brusque des transformateurs de puissance
- vérification de l'équipement électrique de haute tension pendant le fonctionnement des réseaux électriques

BUCHAREST — ROMÂNIA
STR. DOAMNEI, Nr. 14 — 16
SECTOR 4

ISPH

INSTITUTE OF HYDROELECTRICAL
STUDIES AND DESIGNS
BUCHAREST 5—7, Galaţi street, ROMANIA
HIDROPROIECT — Bucharest, Telex 011-443

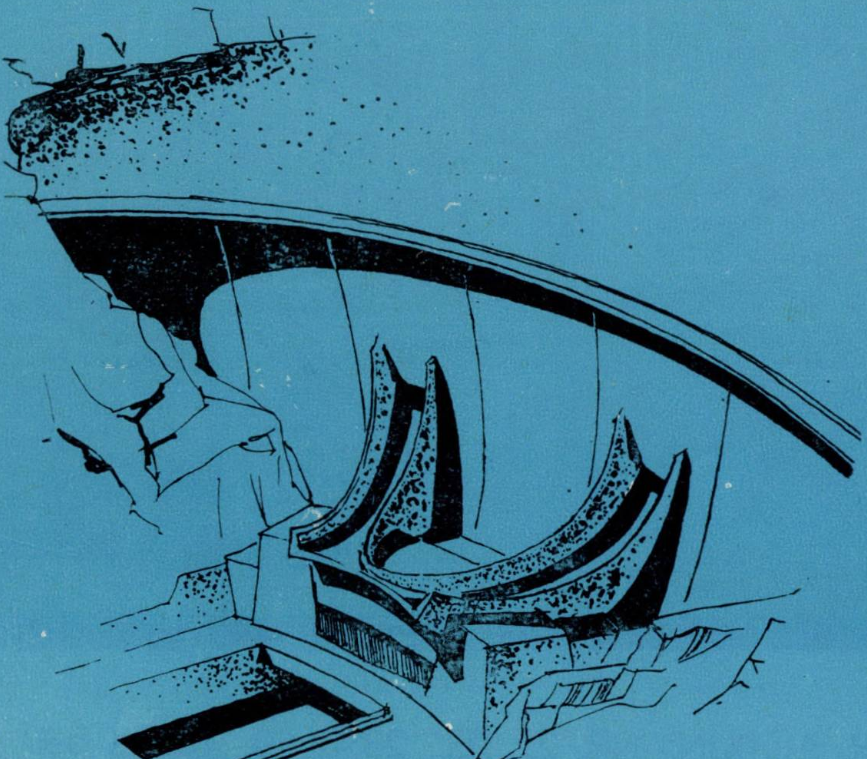
institutul de
studii și
proiectări
hidroenergetice

exécute

- études et projets
- prospections
- recherches de laboratoire
- consulting and engineering

pour

schémas d'aménagements hydroélectriques, centrales hydroélectriques, barrages de divers types, écluses pour la navigation, constructions souterraines et d'autres constructions hydrotechniques



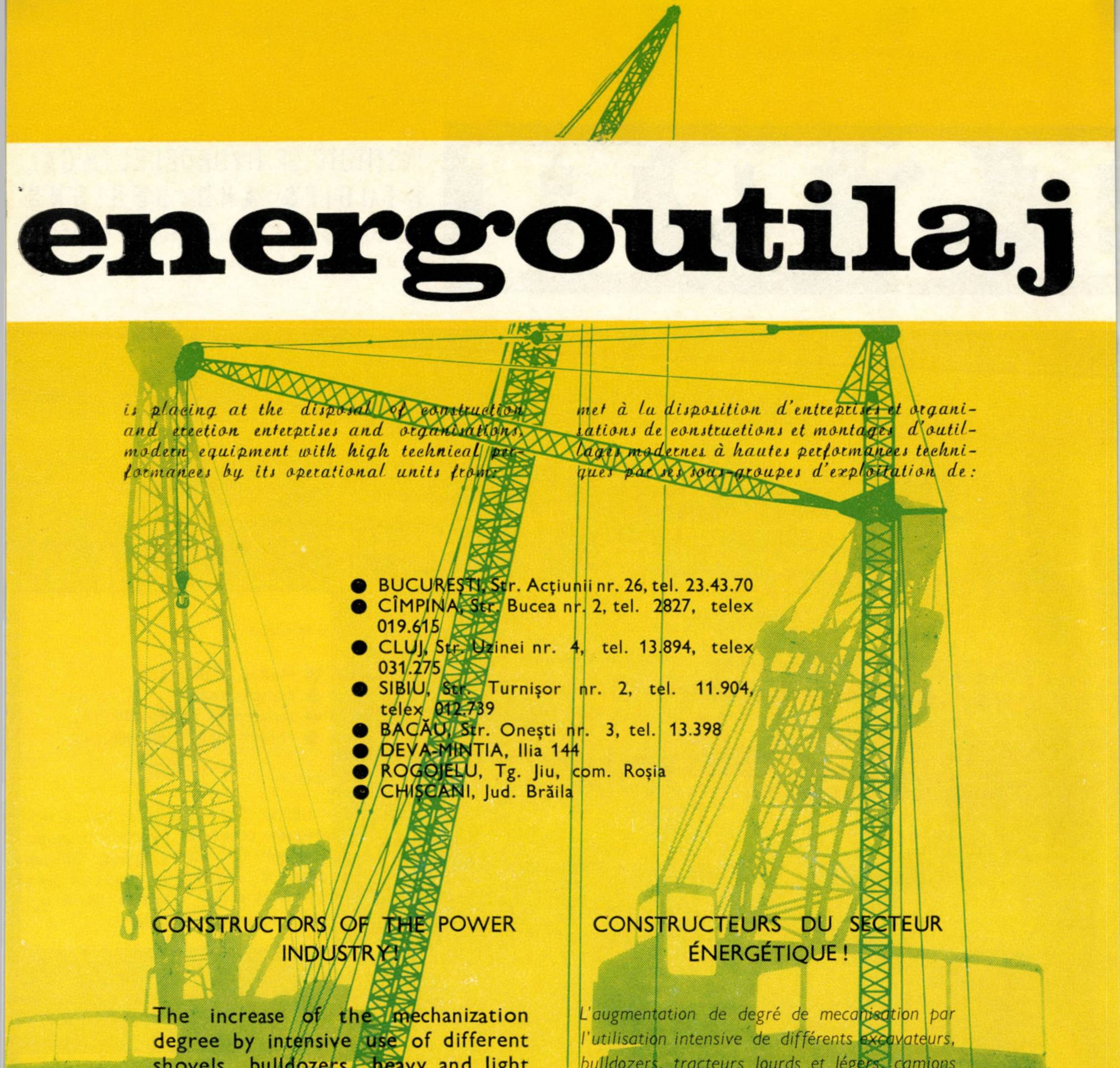
carries out

- studies and designs
- prospections
- laboratory researches
- consulting and engineering

for

schemes for hydro-electric developments, hydro-electric plants, different types of dams, navigation locks, underground constructions and other hydraulic works

energoutilaj



is placing at the disposal of construction and erection enterprises and organisations, modern equipment with high technical performances by its operational units from:

met à la disposition d'entreprises et organisations de constructions et montages d'outillages modernes à hautes performances techniques par ses sous-groupes d'exploitation de:

- BUCUREŞTI, Str. Acţiunii nr. 26, tel. 23.43.70
- CÎMPINA, Str. Bucea nr. 2, tel. 2827, telex 019.615
- CLUJ, Str. Uzinei nr. 4, tel. 13.894, telex 031.275
- SIBIU, Str. Turnişor nr. 2, tel. 11.904, telex 012.739
- BACĂU, Str. Oneşti nr. 3, tel. 13.398
- DEVA-MINTIA, Ilia 144
- ROGOJELU, Tg. Jiu, com. Roşia
- CHIŞCANI, Jud. Brăila

CONSTRUCTORS OF THE POWER INDUSTRY!

The increase of the mechanization degree by intensive use of different shovels, bulldozers, heavy and light tractors, dumpers, auto cranes and all kind of cranes and other construction and erection equipment, which ENERGOUTILAJ places at your disposal, raises the productivity, cuts down delivery times and costs of your works.

CONSTRUCTEURS DU SECTEUR ÉNERGÉTIQUE !

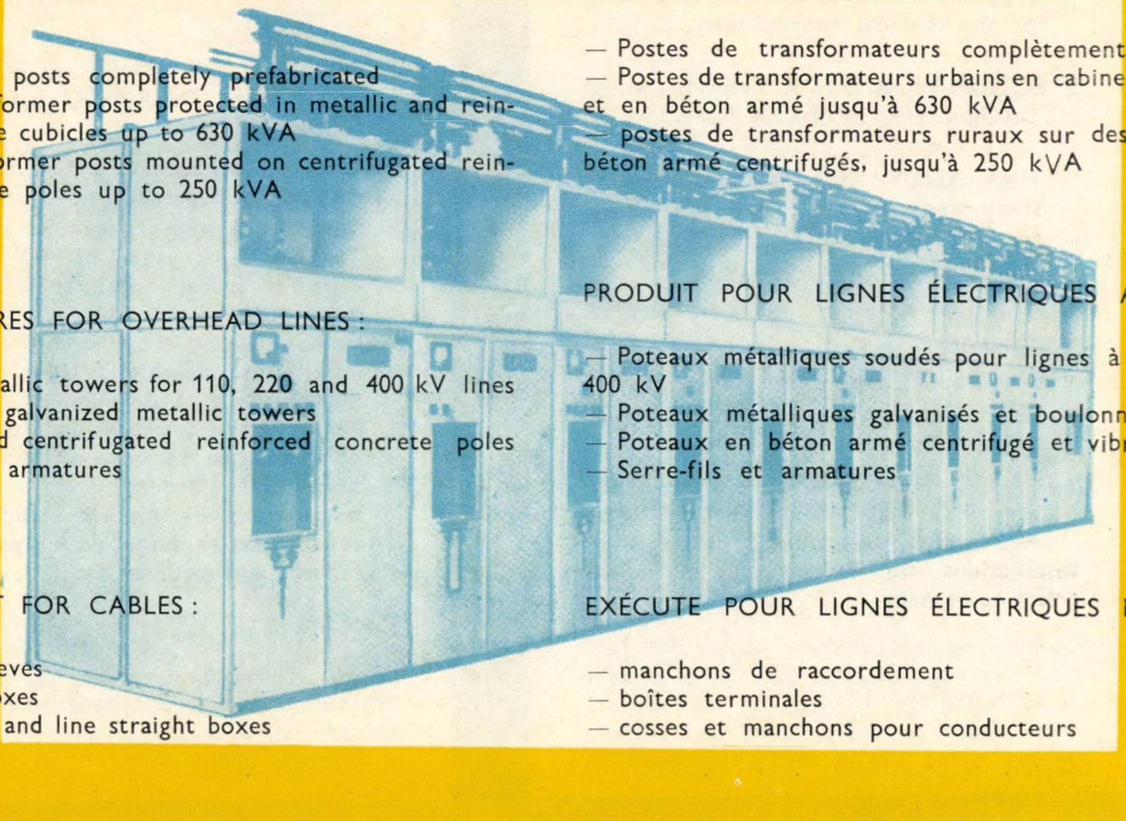
L'augmentation de degré de mecanisation par l'utilisation intensive de différents excavateurs, bulldozers, tracteurs lourds et légers, camions automobiles à benne basculante, grues automobiles et toute sorte de grues et autres outillages de construction et montage, mis à votre disposition par ENERGOUTILAJ, augmente la productivité, réduit le délai d'exécution et baisse le prix de revient de vos travaux.

BUCUREŞTI, SECT 5 STR. ACŢIUNII NR. 22 ,TEL. 23.43.40, TELEX 537

ICMP

ÎNTREPRINDEREA DE CONSTRUCŢII METALICE ŞI PREFABRICATE

BUCUREŞTI STR. ACŢIUNII NR. 2, TEL. 23 87 20



MANUFACTURES :

- prefabricated elements for power plants equipment, for substations and transformer posts
- indoor and outdoor equipment cubicles ranging from 10 to 20 kV
- control, protection, measurement and signallizing switchboard pannels
- switchgear and control cabinets
- clamp boxes
- armatures, clamps and parts for bars and conductors

ACHIEVES :

- transformer posts completely prefabricated
- urban transformer posts protected in metallic and reinforced concrete cubicles up to 630 kVA
- rural transformer posts mounted on centrifugated reinforced concrete poles up to 250 kVA

MANUFACTURES FOR OVERHEAD LINES :

- welded metallic towers for 110, 220 and 400 kV lines
- bolted and galvanized metallic towers
- vibrated and centrifugated reinforced concrete poles
- clamps and armatures

CARRIES OUT FOR CABLES :

- jointing sleeves
- terminal boxes
- cable shoes and line straight boxes

EXÉCUTE :

- Préfabriqués pour la partie électrique des centrales et pour les postes de transformateurs
- Cellules d'intérieur et d'extérieur de 10—20 kV
- Panneaux de commande, protection, mesure et signalisation
- Armoires pour appareils et de commande
- Boîtes à serre-fils
- Armatures, serre-fils et pièces pour barres et conducteurs

RÉALISE :

- Postes de transformateurs complètement préfabriqués
- Postes de transformateurs urbains en cabines métalliques et en béton armé jusqu'à 630 kVA
- postes de transformateurs ruraux sur des poteaux en béton armé centrifugés, jusqu'à 250 kVA

PRODUIT POUR LIGNES ÉLECTRIQUES AÉRIENNES :

- Poteaux métalliques soudés pour lignes à 110, 220 et 400 kV
- Poteaux métalliques galvanisés et boulonnés
- Poteaux en béton armé centrifugé et vibré
- Serre-fils et armatures

EXÉCUTE POUR LIGNES ÉLECTRIQUES EN CÂBLE :

- manchons de raccordement
- boîtes terminales
- cosses et manchons pour conducteurs

TCME

București, Calea Moșilor nr. 158
Tel. 16.63.30, Telex : 271

CARRIES OUT BY ITS UNITS :

THERMAL POWER CONSTRUCTION WORKS

Thermal power plants

Combined heat and power plants for district heating and industrial purposes

Appropriate hydrotechnical constructions for thermal power plants

Chimneys manufactured by sliding shuttering with heights up to 250 m

Cooling towers with natural and forced draught

Heavy reinforced concrete prefabricated elements erections and sliding spatial and plane reinforced concrete structures for any thermal construction

ERECTION WORKS FOR THERMAL AND HYDROELECTRIC POWER PLANTS

High capacity and high rate modern steam generators

Steam turbines up to 350 MW

Gas turbines up to 35 MW

Hydraulic turbines up to 170 MW

Generators

Synchronous phase modifiers

Mechanical equipment for thermal and hydro-electric power plants

Electric power plants installations for low, high and very high voltage

Automation, measurement and control installations for mechanical and electrical equipment

Construction and erection works are carried out by TRUSTUL DE CONSTRUCȚII ȘI MONTAJE ENERGETICE by high productivity modern technological methods in short delivery times and at top quality level

EXÉCUTE PAR SES UNITÉS :

DES TRAVAUX DE CONSTRUCTIONS THERMO-ÉNERGÉTIQUES

Centrales thermiques

Centrales à production combinée chaleur/force pour utilisations urbaines et industrielles

Constructions hydrotechniques afférentes aux centrales thermiques

Cheminées par glissage jusqu'à 250 m de hauteur

Tours de réfrigération à tirage naturel et à tirage forcé

Montages de préfabriqués lourds en béton armé et glissages de structures spatiales et planes en béton armé pour toute construction thermique

TRAVAUX DE MONTAGE POUR CENTRALES THERMIQUES ET HYDRAULIQUES

Chaudières modernes à vapeur de grande capacité à paramètres élevés

Turbines à vapeur jusqu'à 350 MW

Turbines à gaz jusqu'à 35 MW

Turbines hydrauliques jusqu'à 170 MW

Alternateurs

Compensateurs synchrones

Installations mécaniques pour centrales thermiques et hydrauliques

Installations électriques de basse, haute et très haute tension, afférentes aux centrales électriques

Installations de mesure, contrôle et automatisation, autant pour la partie mécanique que pour la partie électrique

Les travaux de construction et montage sont exécutés par TRUSTUL DE CONSTRUCȚII ȘI MONTAJE ENERGETICE par des méthodes technologiques modernes de grande productivité, à durées minimes d'exécution et de haute qualité

INTREPRINDEREA Energomontaj

Exécute :

- Le montage, la mise en fonction et la mise en exploitation des équipements et installations énergétiques pour centrales thermiques et hydro-électriques :

ÉQUIPEMENTS ET INSTALLATIONS POUR CENTRALES THERMIQUES ET CENTRALES POUR LA PRODUCTION COMBINÉE CHALEUR/FORCE :

- chaudières à vapeur de grande capacité et à paramètres élevés de fonctionnement
- turbines à vapeur de puissances unitaires jusqu'à 350 MW
- installations de combustible pour : charbon, mazout, gaz
- autres installations méchaniques, afférentes aux centrales thermiques : récipients, conduites, pompes etc.

ÉQUIPEMENTS ET INSTALLATIONS POUR CENTRALES HYDRO-ÉLECTRIQUES ET INSTALLATIONS HIDROTECHNIQUES :

- turbines hydrauliques de tout type, à puissances unitaires jusqu'à 176 MW
- conduites forcées
- équipements et autres installations mécaniques pour centrales hydro-électriques et thermiques
- équipements et installations pour écluses

ÉQUIPEMENTS ET INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES POUR CENTRALES THERMIQUES, HYDRO-ÉLECTRIQUES, POSTES DE TRANSFORMATEURS ET INSTALLATIONS SPÉCIALES

- installations de commutation primaire jusqu'à une tension de 400 kV y compris
- installations pour les services auxiliaires aux centrales et postes de transformateurs
- installations de commutation secondaire
- installations d'automatisation, etc.

Carries out :

Erection, operation and commissioning of power equipments and installations for thermal and hydro-electric power plants

INSTALLATIONS AND EQUIPMENTS FOR THERMAL POWER PLANTS AND FOR COMBINED HEAT AND POWER PLANTS :

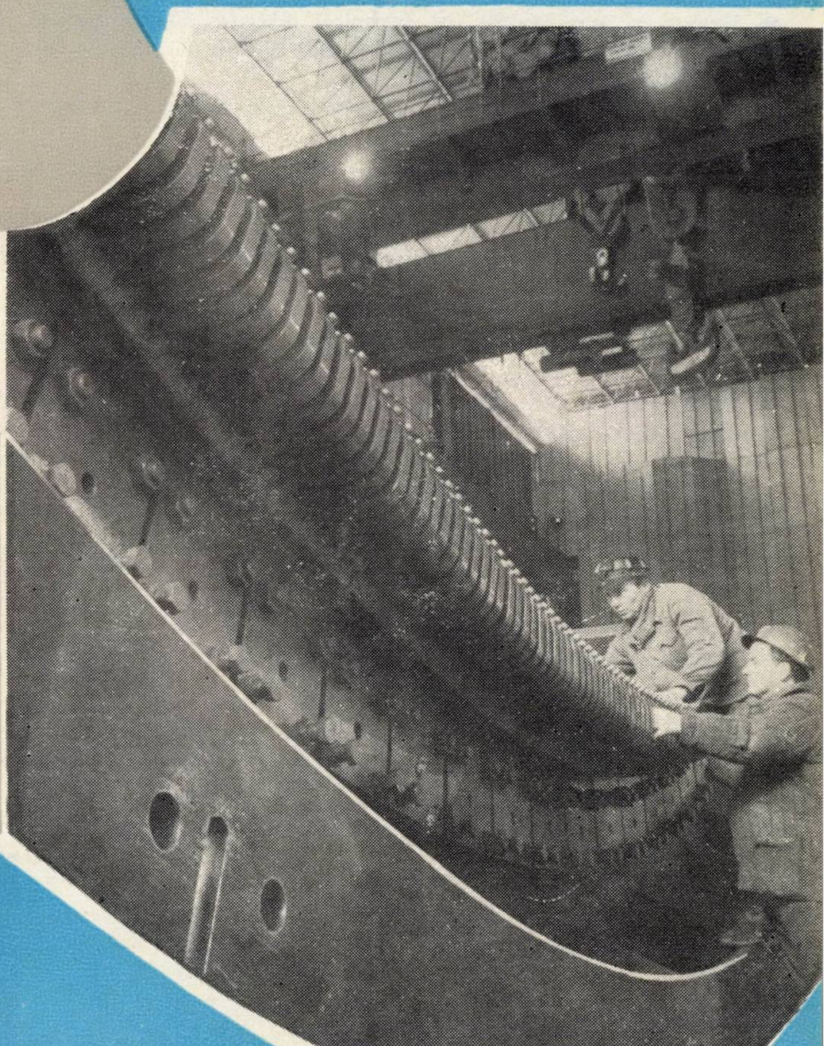
- boilers of high capacity and high operational parameters
- steam turbines up to 350 MW per unit
- fuel installations for : coal, fuel-oil, gas
- other mechanic equipment necessary for thermal power plants : tanks, pipes, pumps, etc.

EQUIPMENTS FOR HYDRO-ELECTRIC POWER PLANTS AND HYDRO-TECHNICAL INSTALLATIONS :

- hydraulic turbines of all types, up to 176 MW per unit
- penstocks
- other mechanic equipment for hydro-electric power plants
- equipments and installations for locks

ELECTRIC EQUIPMENT FOR THERMAL AND HYDRO-ELECTRIC POWER PLANTS, SUBSTATIONS, TRANSFORMER POSTS AND SPECIAL INSTALLATIONS :

- primary switching installations up to 400 kV
- indoor service installations in power plants and transformer posts
- secondary switching installations
- automation equipment, etc.



BUCUREŞTI, Sectorul 1, Calea Dorobanţi nr. 105
Tel. : 12.76.30, telex : 335

irme

Entreprise pour la rationalisation et modernisation des installations énergétiques

Enterprise for rationalization and modernization of power equipment

- Exécute des études et recherches pour la rationalisation et la modernisation des installations énergétiques, en principal pour l'augmentation du degré de sécurité de l'exploitation et de l'établissement des régimes optimum de fonctionnement de ces installations.
- Accorde assistance technique pour la résolution des problèmes spéciaux de l'exploitation des installations énergétiques et pour l'étude de comportement dans le fonctionnement de ces installations.
- Organise et conduit l'accomplissement de vérifications, mesures et essais pour la mise en fonction et la mise en exploitation des installations énergétiques.
- Élabore et révise les prescriptions techniques pour l'exploitation, l'entretien et la réparation des installations énergétiques.
- Élabore des projets et assure l'exécution des travaux d'automatisation et télémécanisation des installations technologiques des centrales électriques et postes de transformateurs.
- Élabore des projets et construit des équipements et outillages pour des installations spéciales.

- Carries out studies and researches for rationalization and modernization of power equipment, particularly by raising the safety degree and establishing the optimum conditions in the operation of this equipment.
- Provides technical assistance for the solution of the special commissioning problems and studies on the behaviour of the power equipment during operation.
- Organizes and leads the carrying out of checkings, measurements and tests for power equipment operation and commissioning.
- Draws up and revises the technical instructions for power equipment commissioning, maintenance and repairs.
- Designs and ensures the carrying out of the automation and remote mechanization of the power plant and substation tehnological equipment.
- Designs and manufactures equipment and special installations

- Étudie l'introduction ou l'extension de la technique moderne de calcul dans l'activité technique et économique des unités énergétiques.
- Étudie et établit des algorithmes et programmes pour la résolution de différents problèmes techniques et économiques de l'exploitation des installations énergétiques, pour l'équipement de calcul existant dans la dotation des unités énergétiques.
- Établit des algorithmes et programmes et effectue les calculs nécessaires au „Centre de calcul IRME" pour la résolution de différents problèmes de l'exploitation des installations énergétiques.

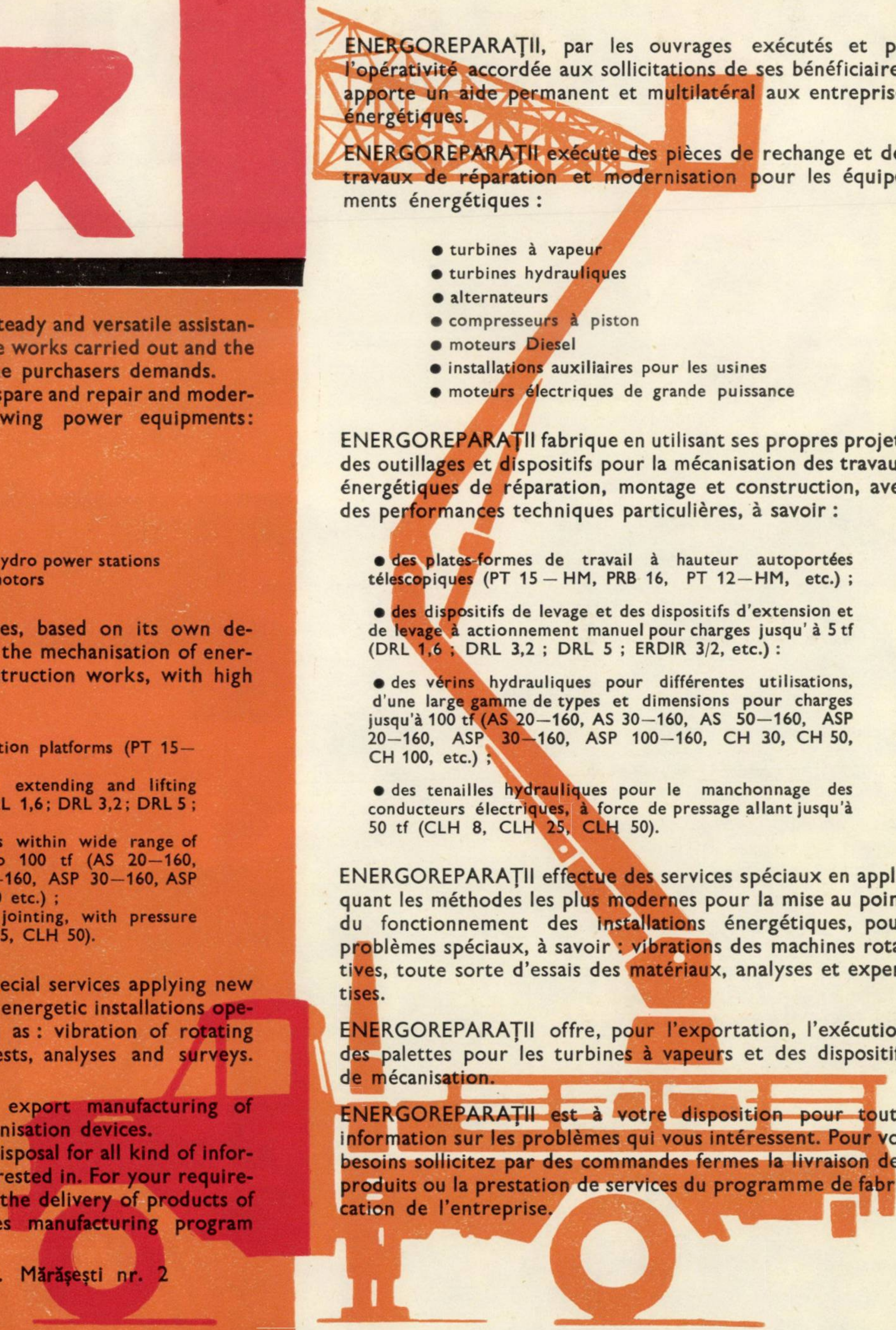
- Studies the introduction and extention of modern computing methods in the technical, technical-economical and economical activity of the power units.
- Studies and establishes algorithms and programs in order to solve different technical and economical problems of the power equipment commissioning, for the existing computing equipment in the power units endowment.
- Establishes algorithms and programs and carries out the calculations required by the „IRME computing center" in order to solve different problems of power equipment commissioning.

Don't hesitate to appeal to IRME which disposes of modern endowments and high skilled experts with rith experience!

Adressez-vous avec confiance à l'IRME qui dispose d'une dotation moderne et de spécialistes de haute qualification et riche expérience!

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT

IRME — ROUMANIE — BUCAREST
Str. Releului nr. 2,
telefon: 21. 46. 30



ENERGOREPARAŢII is lending steady and versatile assistance to energetic enterprises by the works carried out and the operativity of its responds to the purchasers demands.
ENERGOREPARAŢII carries out spare and repair and modernization works for the following power equipments:

- steam turbines
- hydraulic turbines
- generators
- piston compressers
- Diesel-engine motors
- auxiliary installations in hydro power stations
- high capacity electric motors

ENERGOREPARAŢII manufactures, based on its own designs, equipment and devices for the mechanisation of energetical repair, erection and construction works, with high technical performances as :

— auto-supported, telescopic erection platforms (PT 15—HM, PRB 16, PT 12—HM etc.) ;
— hand driven lifting devices and extending and lifting devices for charges up to 5 tf (DRL 1,6; DRL 3,2; DRL 5; ERDIR 3/2 etc.) ;
— hydraulic jack for different uses within wide range of types and sizes for charges up to 100 tf (AS 20—160, AS 30—160, AS 50—160, ASP 20—160, ASP 30—160, ASP 100—160, CH 30, CH 50, CH 100 etc.) ;
— hydraulic tongs, for conductor jointing, with pressure force up to 50 tf (CLH 8, CLH 25, CLH 50).

ENERGOREPARAŢII provides special services applying new methods to the adjusting of the energetic installations operation in special problems such as : vibration of rotating machines, all kind of material tests, analyses and surveys.

ENERGOREPARAŢII offers for export manufacturing of steam turbine blades and mechanisation devices.
ENERGOREPARAŢII is at your disposal for all kind of information on problems you are interested in. For your requirements please ask by firm orders the delivery of products of services within the entreprises manufacturing program

BUCUREŞTI — Sectorul 5, Bd. Mărăşeşti nr. 2
Tel. 23 26 40

ENERGOREPARAŢII, par les ouvrages exécutés et par l'opérativité accordée aux sollicitations de ses bénéficiaires, apporte un aide permanent et multilatéral aux entreprises énergétiques.

ENERGOREPARAŢII exécute des pièces de rechange et des travaux de réparation et modernisation pour les équipements énergétiques :

- turbines à vapeur
- turbines hydrauliques
- alternateurs
- compresseurs à piston
- moteurs Diesel
- installations auxiliaires pour les usines
- moteurs électriques de grande puissance

ENERGOREPARAŢII fabrique en utilisant ses propres projets des outillages et dispositifs pour la mécanisation des travaux énergétiques de réparation, montage et construction, avec des performances techniques particulières, à savoir :

- des plates-formes de travail à hauteur autoportées télescopiques (PT 15 — HM, PRB 16, PT 12—HM, etc.) ;
- des dispositifs de levage et des dispositifs d'extension et de levage à actionnement manuel pour charges jusqu' à 5 tf (DRL 1,6 ; DRL 3,2 ; DRL 5 ; ERDIR 3/2, etc.) :
- des vérins hydrauliques pour différentes utilisations, d'une large gamme de types et dimensions pour charges jusqu'à 100 tf (AS 20—160, AS 30—160, AS 50—160, ASP 20—160, ASP 30—160, ASP 100—160, CH 30, CH 50, CH 100, etc.) ;
- des tenailles hydrauliques pour le manchonnage des conducteurs électriques, à force de pressage allant jusqu'à 50 tf (CLH 8, CLH 25, CLH 50).

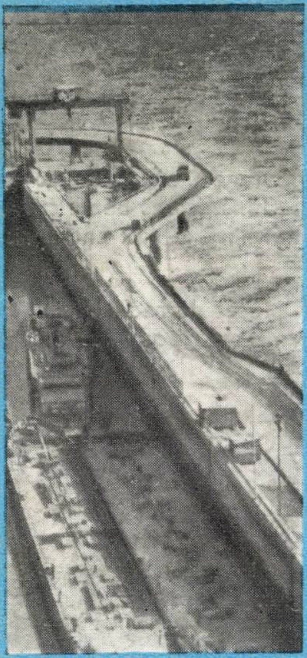
ENERGOREPARAŢII effectue des services spéciaux en appliquant les méthodes les plus modernes pour la mise au point du fonctionnement des installations énergétiques, pour problèmes spéciaux, à savoir : vibrations des machines rotatives, toute sorte d'essais des matériaux, analyses et expertises.

ENERGOREPARAŢII offre, pour l'exportation, l'exécution des palettes pour les turbines à vapeurs et des dispositifs de mécanisation.

ENERGOREPARAŢII est à votre disposition pour toute information sur les problèmes qui vous intéressent. Pour vos besoins sollicitez par des commandes fermes la livraison des produits ou la prestation de services du programme de fabrication de l'entreprise.

energoreparaţii

INTREPRINDEREA DE CONSTRUCŢII HIDROENERGETICE BUCUREŞTI



EXÉCUTE DES TRAVAUX DE GÉNIE CIVIL POUR DES CENTRALES HYDRAULIQUES DE TOUTE SORTE ET DES SYSTÈMES D'AMÉNAGEMENTS À BUTS MULTIPLES :

- — Barrages de divers types
- — Salles des machines des usines hydro-électriques souterraines et de surface
- — Canaux et galeries d'adduction et d'évacuation
- —Cheminées d'équilibre
- — Travaux de bétons spéciaux pour les installations hydro-électriques et hydro-mécaniques
- — Écluses
- — Tunnels et galeries hydrotechniques
- — Aménagements pour l'alimentation en eau des grandes industries
- — Installations complexes pour la préparation des agrégats de béton

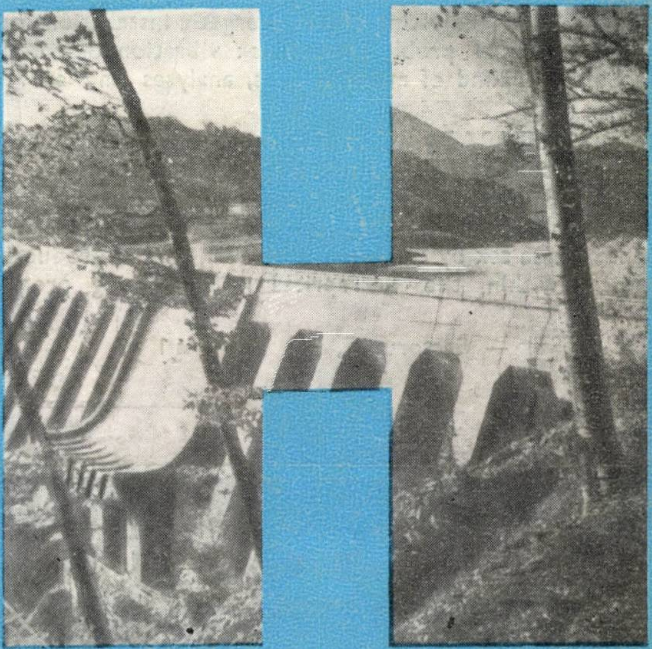
LES TRAVAUX DE GÉNIE CIVIL SONT EXÉCUTÉS PAR ICH BUCUREŞTI EN CONDITIONS DE SÛRÉTE ET QUALITÉ SUPÉRIEURE PAR DES PROCÉDÉS TECHNOLOGIQUES MODERNES DE HAUTE PRODUCTIVITÉ ET DE MINIME DURÉE DE TEMPS

1971 JUL 29

CARRIES OUT HYDRO-ELECTRIC DEVELOPMENTS AND POWER PLANTS, COMPLEX RIVER HARNESSING SCHEMES :

- ● Dams of all types
- ● Machine halls for underground and overground hydro-electric power plants
- ● Head races and tailraces
- ● Surge tanks
- ● Special concrete works for hydro-electrical and hydro-mechanical equipment
- ● Locks
- ● Supply tunnels and galleries
- ● Harnessing for water supply of important industries
- ● Concrete aggregates preparating station

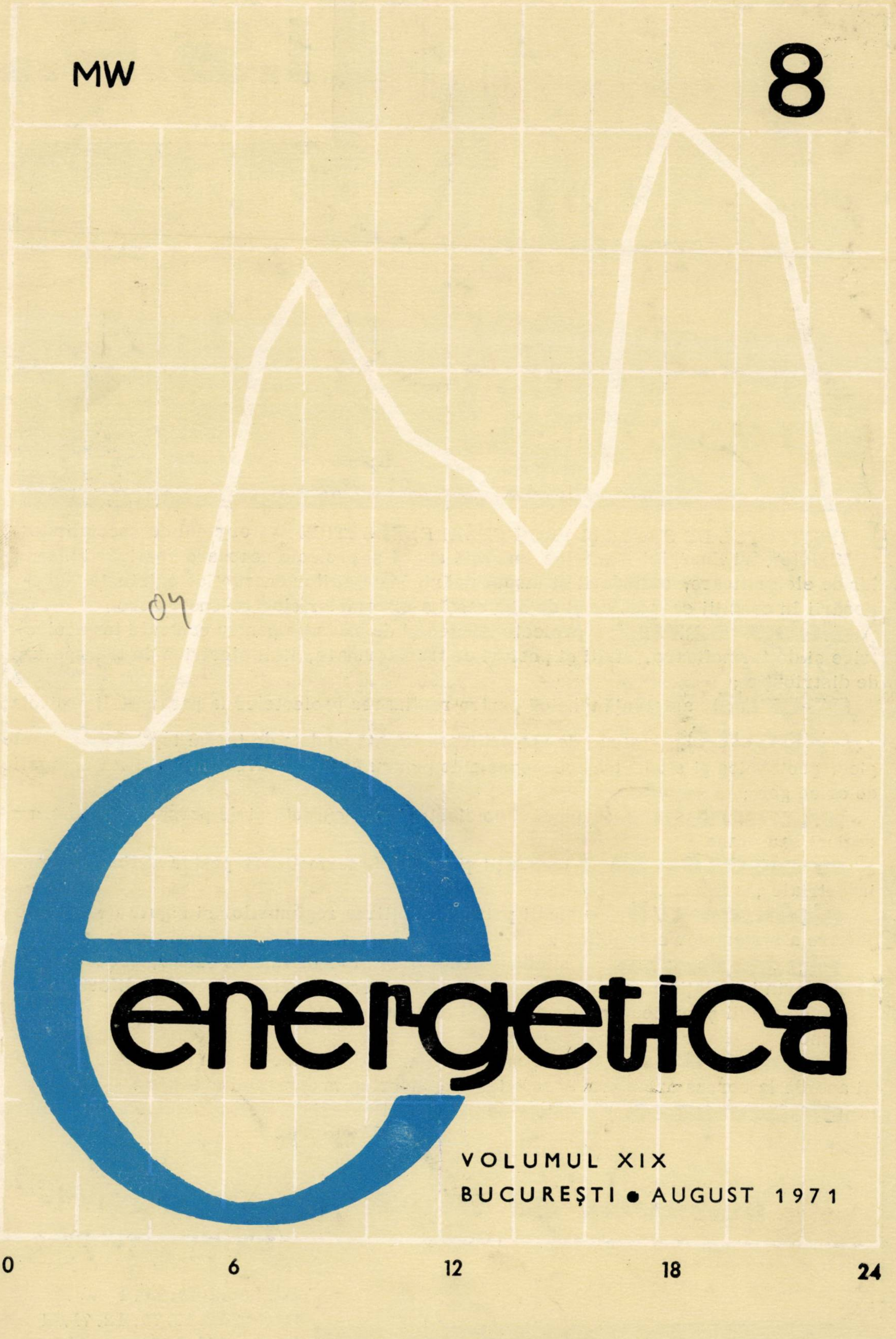
THE CONSTRUCTION WORKS ARE CARRIED OUT BY ICH BUCUREŞTI IN HIGH QUALITY AND SAFETY CONDITIONS BY MODERN AND HIGH PRODUCTIVITY TECHNOLOGIC APPROACHES IN SHORT DELIVERY TIMES



Head office :
ICH BUCUREŞTI
STR. DIMITRIE ONCIUL
NR. 23—25
TEL. 35.54.70.
TELEX : INCOHIDROEN—244

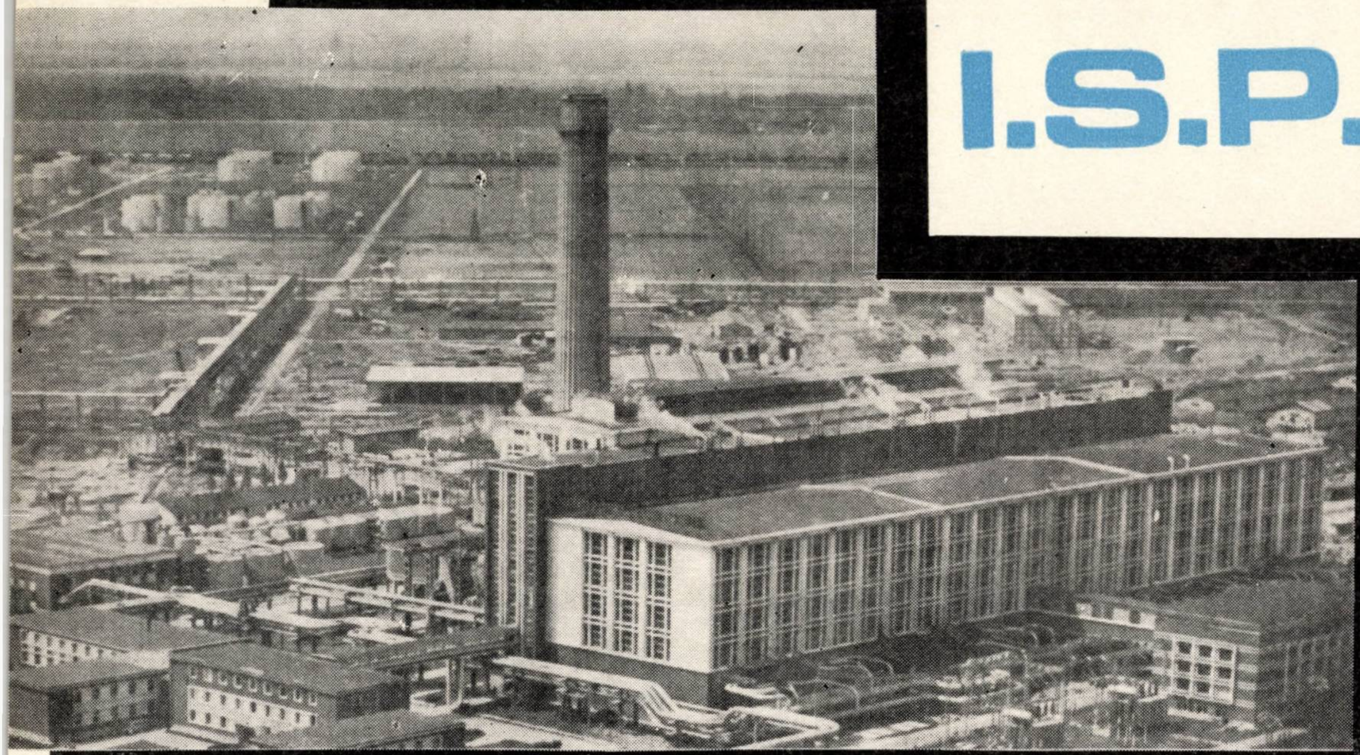
E2039

8


MW
04
0
6
12
18
24

energetica

VOLUMUL XIX
BUCUREŞTI • AUGUST 1971



I.S.P.E.

INSTITUTUL DE STUDII ŞI PROIECTĂRI ENERGETICE, organul de specialitate al Ministerului Energiei Electrice, execută studii şi proiecte necesare realizării planurilor de electrificare, extinderii şi modernizării instalaţiilor energetice existente, funcţionării în condiţii economice şi de siguranţă a sistemelor electro-energetice.

elaborează proiecte tehnice şi de execuţie pentru centrale termoelectrice şi de termoficare, staţii şi posturi de transformare, linii electrice de transport şi de distribuţie ;

acordă asistenţă tehnică pentru realizarea proiectelor la parametrii proiectaţi ;

execută studii de electrificare bazate pe date de teren: topografice, geologice, geotehnice şi studii tehnico-economice pentru fundamentarea investiţiilor energetice de orice gen ;

întocmeşte planuri de electrificare curentă şi de perspectivă pentru ţări, regiuni sau oraşe

proiectează instalaţii şi reţele de termoficare pentru utilizări urbane şi industriale ;

elaborează studii privind stabilirea regimurilor şi siguranţei de funcţionare a sistemelor energetice ;

alcătuieşte studii metodologice şi algoritme de calcul, precum şi efectuarea prin instalaţiile sale moderne a calculelor necesitate de rezolvarea diferitelor probleme de studii şi proiectare din domeniul sistemelor energetice sau a elementelor acestor sisteme ;

colaborează cu firme şi organizaţii străine pentru lucrări de specialitate şi acordă la cerere orice alte servicii de engineering în domeniul energetic ;

elaborează caiete de sarcină şi cereri de ofertă în numele beneficiarului.

* * *

Institutul de Studii şi Proiectări Energetice

Bd. Lacul Tei nr. 1
telefon:12. 19. 70; 12. 71. 41
telex - 011.177

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL
AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

ANUL 19 Nr. 8 AUGUST

Cuprinsul

		Pag.
Negreţu, D.	**Centrala electrică de termoficare Palas — Constanţa**	377—387
Oancea, L.	**Unele aspecte privind alimentarea cu căldură prin termoficare a marilor complexe de sere legumicole**	388—393
Coste, Fl., Anghel, A., Mihailovici, Al. şi Rîşniţă, C.	**Studiul comportării în exploatare a turbinelor de 178 MW din CHE „Porţile de Fier”, pe baza analizei măsurătorilor efectuate pe model**	394—400
Rothman, A. şi Constantinescu, J.	**Alegerea amplasamentului şi a mărimii puterii staţiei electrice de injecţie care alimentează o anumită zonă de consum**	400—404
Coatu, S., Mărgineanu, I. şi Postolache, P.	**Calculul instalaţiilor de impuls de curent**	404—409
Leca, A.	**Tubul cu capacitate mare de transfer al căldurii**	409—413
Măcriş, A.	**Unele contribuţii la calculul reţelelor stocastice**	414—419

RECENZII

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. ing. I. D. STĂNCESCU, redactor responsabil, ing. Gr. IORGULESCU, redactor responsabil adjunct, conf. ing. I. A. BADEA, ing. ST. BERENGHI, conf. ing. A. COGĂLNICEANU, dr. ing. P. DIMO, membru corespondent al Academiei Republicii Socialiste România, laureat al Premiului de Stat, ing. H. FURTUNESCU, ing. P. IFTIME, ing. L. LUCA, ing. B. MARCU, dr. ing. A. MĂCRIŞ, conf. ing. C. MIHĂILEANU, prof. dr. ing. V. I. NIŢU, ing. A. SPÎNU, ing. R. ZANE

OFICIUL DE DOCUMENTARE ENERGETICĂ

ENERGOMACHEXPORT

SEPARATOARE DE EXTERIOR RND–3

pentru tensiuni de la 35 kV pînă la 750 kV şi intensităţi nominale de la 600 la 2000 A

Concepţie simplă, fiabilitate ridicată, întreţinere practic inexistentă — iată că ştiţi totul despre SEPARATORUL DE EXTERIOR RND — 3, care şi-a dovedit de pe acum calităţile, fiind folosit în dotarea reţelelor şi a întreprinderilor din numeroase ţări.

ENERGOMACHEXPORT asigură la comanda fermă a clientului montajul şi punerea în funcţiune a separatoarelor de către specialiştii sovietici precum şi pregătirea personalului, livrarea pieselor de schimb şi a sculelor necesare exploatării aparatajului.

Exportator ENERGOMACHEXPORT
str. Mosfilmovskaia 35
MOSCOVA V—330, U.R.S.S.
Telex: 255

PUBLICOM

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.311.22 : 697.34.001.3

Негрецу, Д.: **Теплофикационная электроцентраль Палас-Констанца**

Начальник проекта ТЭЦ Палас представляет вышеупомянутую ТЭЦ имеющую румынское оборудование и сооруженную по проекту ИСПЭ.

Energetica 19 (1971), № 8, стр. 377–387

ДК 697.34

Оанча, Л.: **Вопросы питания теплом при теплофикации крупных комплексов овощных парников**

На основании результатов эксплуатации предлагается улучшение системы регулирования питания теплом овощных парников.

Energetica 19 (1971), № 8, стр. 388–393

ДК 621.224.004.13 : 621.224.001.5

Косте, Фл., Ангел, А., Михайлович, Ал. и *Рышницэ, К.:* **Изучение работы в эксплуатационных условиях турбин 178 Мвт на ТЭС „Железные Ворота", на основе выполненных измерений на модели**

Energetica 19 (1971), № 8, стр. 394–400

ДК 621.311.4.001.1

Ротман, А. и *Константинеску, Ж.:* **Выбор месторасположения и мощности подстанции, питающей некоторую потребительскую зону.**

Описывается программа СТАТИО, составленная ИЧЕНЕРГ-ом для выбора месторасположения и мощности подстанции.

Energetica 19 (1971), № 8, стр. 400–404

ДК 621.3.014.333

Коату, С., Мэрджиняну, И. и *Постолаке, П.:* **Расчет установок импульсного тока**

Авторы рассматривают оригинальный метод расчета импульсного тока.

Energetica 19 (1971), № 8, стр. 404–409

ДК 621.311.25

Лека, А.: **Труба большой мощности передачи тепла**

Приспособление является полезным для космических изучений, для вопросов связанных с непосредственной трансформацией энергии, охлаждением некоторых электрических установок и удалением тепла из ядерных реакторов.

Energetica 19(1971), № 8, стр. 409–413

ДК, 519.2

Мэкриш, А.: **О расчете стохастических сеток**

Рассматриваются возможности расчета сеток, составленных из несколькихрядов ожидания припомощи графов текучести и демонстрируется упрощение расчетов. В частности, что касается линейных сеток демонстрируется, что произвести расчет сетки возможно путем разрешения каждого ряда в отдельности.

Energetica 19 (1971), № 8, стр. 414–419

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.311.22 : 697.34.001.3

Negreţu, D : **Das Fernheizkraftwerk Palas — Constanţa**

Bericht über das Fernheizkraftwerk Palas — Constanţa, das mit in Rumänien gebauten Maschinensätzen ausgerüstet ist. Das Projekt wurde vom Institut für Projektierung von Anlagen der Energiewirtschaft ISPE ausgearbeitet.

Energetica 19 (1971), H. 8, S. 377–387

DK 697.34

Oancea, L. : **Einige Betrachtungen zur Wärmeversorgung grosser Treibhausanlagen für Gemüsepflanzen**

Auf Grund der Betriebsergebnisse wird eine Verbesserung des Steuersystems der Wärmeversorung von Treibhausanlangen für Gemüsepflanzen vorgeschlagen.

Energetica 19(1971), H. 8, S. 388–393

DK 621.224.004.13 : 621.224.001.5

Coste, Fl., Anghel, A., Mihailovici, Al. und *Rişniţă, C.* : **Das Betriebsverhalten der 178 MW Turbinen aus dem Wasserkraftwerk vom Eisernen Tor, an Hand der am Modell vorgenommenen Messungen**

Energetica 19 (1971), H. 8, S. 394–400

DK 621.311.4.001.1

Rothman, A. und *Constantinescu, J.* : **Wahl des Standortes und der Leistung von Umschaltwarten für Vesorgung bestimmter Verbrauchszonen**

Darstellung des von der Unternehmung ICENERG ausgearbeiteten Programms STATIO für Standortauswahl und Ermittlung der Leistung von Einspeise-Umschaltwarten.

Energetica 19(1971), H. 8, S. 400–404

DK 621.3.014.333

Coatu, S., Mărgineanu, I. und *Postolache. P.* : **Berechnung der Anlagen für Leistungsimpulse**

Die Verfasser beschreiben ein neuartiges Berechnungsverfahren für Leistungsimpulserzeugungsanlagen.

Energetica 19 (1971), H. 8, S. 404–409

DK 621.311.25

Leca, A. : **Röhren mit grosser Wärmeaustauschfähigkeit**

Die dargestellte Vorrichtung ist für Raumforschungen, für die mit der unmittelbaren Umwandlung von Energie in Zusammenhang stehende Fragen, Kühlung bestimmter elektrischer Anlagen und Wärmeableitung in Kernreaktoren geeignet.

Energetica 19 (1971), H. 8, S. 409–413

DK 519.2

Măcriş, A. : **Beitrag zur Berechnung stochastischer Netze**

Es werden die Berechnungsmöglichkeiten aus mehreren Wartereihen bestehender Netze an Hand von Flussbildern untersucht und die sich daraus ergebenden Vereinfachung des Berechnungsvorgangs nachgewiesen. Im Sonderfall linearer Netze ergibt sich, dass das Netz vermittels Lösung jeder einzelnen Reihe berechnet werden kann.

Energetica 19 (1971), H. 8, S. 414–419

SOMMAIRE

CD 621.311.22 : 697.34.001.3

Negreţu, D. : **La centrale à production combinée chaleur/force Palas-Constanţa**

Présentation de la centrale à production combinée chaleur/force Palas, qui est équipée de machines construites en Roumanie d'après un projet établi à l'Institut de Projets et d'Études Énergétiques (ISPE).

Energetica 19 (1971), no. 8, p. 377–387

CD 697.34

Oancea, L. : **Quelques aspects de l'alimentation par la production combinée chaleur/force des grands complexes de serres de légumes**

Cet article propose une amélioration du système de réglage de la fourniture de chaleur pour les serres de légumes à la suite d'une étude des résultats de l'exploitation.

Energetica 19 (1971), no. 8, p. 388–393

CD 621.224.004.13 : 621.224.001.5

Coste, Fl., *Anghel, A.*, *Mihailovici, Al.* et *Rîşniţă, C.* : **Une étude du comportement pendant l'exploitation des turbines à 178 MW de la centrale hydro-électrique des Portes de Fer, basée sur l'analyse des mesures faites sur modèle**

Energetica 19 (1971), no. 8, p. 394–400

CD 621.311.4.001.1

Rothman, A. et *Constantinescu, J.* : **Le choix de l'emplacement et de la puissance du poste électrique alimentant une zone de consommation donnée**

Les auteurs présentent le programme STATIO étudié par l'ICENERG pour le choix de l'emplacement et de la puissance du poste électrique.

Energetica 19 (1971), no. 8, p. 400–404

CD 621.3.014.333

Coatu, S., *Mărgineanu, I.* et *Postolache, P.* : **Le calcul des installations pour impulsions de courant**

Il s'agit d'une méthode de calcul originale pour les installations d'impulsions de courant.

Energetica 19 (1971), no. 8, p. 404–409

CD 621.311.25

Leca, A. : **Le tube à grande capacité de transfert de chaleur**

Le dispositif présenté est utile pour les recherches spatiales, les problèmes liés à la transformation directe de l'énergie, le refroidissement de certaines installations électriques et l'évacuation de chaleur des réacteurs nucléaires.

Energetica 19 (1971), no. 8, p. 409–413

CD 519.3

Măcriş, A. : **Quelques contributions au calcul des réseaux stochastiques**

On analyse les possibilités de calculer des réseaux formés de plusieurs suites d'attente à l'aide des graphs de fluence en démontrant que ceci simplifie les calculs. Dans le cas particulier des réseaux linéaires on démontre que le réseau peut être calculé en résolvant chaque suite à part.

Energetica 19 (1971), no. 8, p. 414–419

CONTENTS

DC 621.311.22 : 697.34.001.3

Negreţu, D. : **Palas-Constanţa combined heat and power production plant**

A presentation of Palas combined heat and power production plant which is equipped with Romanian-made machines according to a design carried out at the Institute for Energy Studies and Design (ISPE).

Energetica 19(1971), nr. 8, p. 377–387

DC 697 34

Oancea, L. : **Some aspects of heat supply from combined heat and power plants to large greenhouse complexes**

The author proposes to improve the heat supply control system to greenhouse complexes following the study of results obtained during operation.

Energetica 19 (1971), nr. 8, p. 388–393

DC 621.224.004.13 : 621.224.001.5

Coste, Fl., *Anghel A.*, *Mihailovici, Al.* and *Rîşniţă, C.* : **The study of the behaviour during operation of the 178 MW turbines at the Iron Gates hydroelectric power station, based on the analysis of measures made on a model**

Energetica 19 (1971), nr. 8, p. 394–400

DC 621.311.4.001.1

Rothman, A. and *Constantinescu, J.* : **The selection of the site and of the power of the substation feeding a certain consumption area**

This is a presentation of the STATION program set up at the ICENERG for the selection of the site and the power of the supply substation.

Energetica 19 (1971), nr. 8, p. 400–404

DC 621.3.014.333

Coatu, S., *Mărgineanu, I.* and *Postolache, P.* : **The calculation of current pulse installations**

The authors present a new method for the calculation of current pulse installations.

Energetica 19 (1971), nr. 8, p. 404–409

DC 621.311.25

Leca, A. : **The tube with high heat-transfer capacity**

The device presented here is useful to space research, direct transformation of energy, the cooling of some electrical installations and the removal of heat from nuclear reactors.

Energetica 19 (1971), nr- 8, p. 409–413

DC 519.2

Măcriş, A. : **Some contributions to the calculation of random lattices**

This is an analysis of the possibilities to calculate lattices consisting of several waiting sequences by means of fluency graphs, thus simplifying calculations. For the particular case of linear lattices, the author shows that they may be calculated by solving each sequence separately.

Energetica 19 (1971), nr. 8, p. 441–419

Centrala electrică de termoficare Palas— Constanța

Ing. D. Negrețu [*]

1. Prezentare generală

În etapa actuală Centrala electrică de termoficare Palas este dimensionată pentru o putere instalată de 100 MW, realizată în două unități de cîte 50 MW cu condensație și prize reglabile, de construcție indigenă; combustibil unic — păcura. Obiectivul a fost conceput să acopere necesarul de energie termică și electrică al platformei industraile Palas-Sud și al orașului Constanța pentru etapa 1970—1975, surplusul de energie electrică urmînd a fi debitat în sistemul energetic național. În etapa următoare, determinată de atingerea nivelului corespunzător de consumuri de căldură, se prevede extinderea cu un grup de termoficare urbană de 120—160 MW, de asemenea de construcție indigenă.

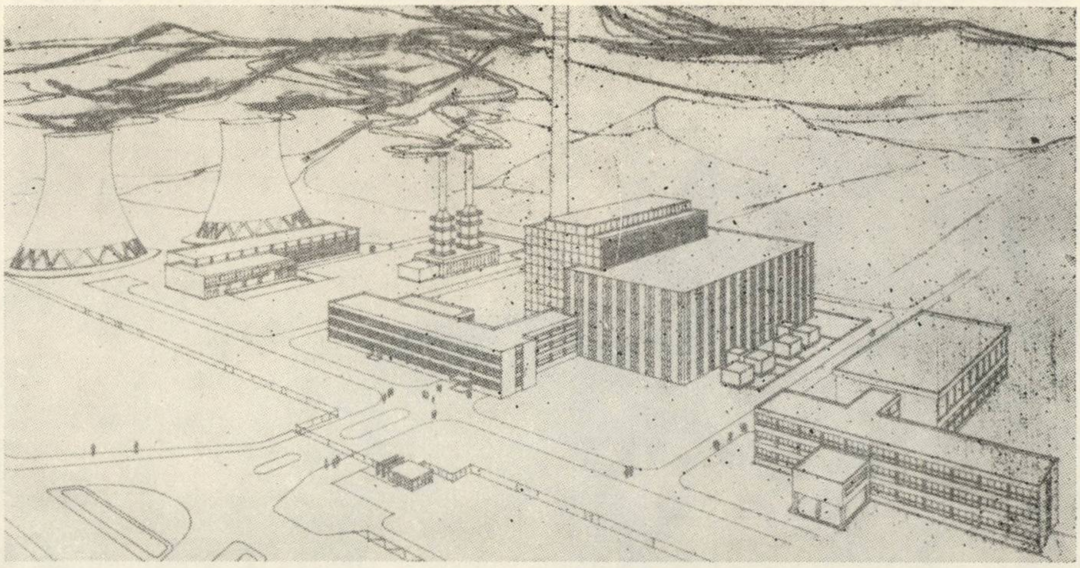


Fig. 1. CET Palas — Constanța, schiță exterioară de ansamblu.

Potrivit prevederilor programului național de dezvoltare a centralelor electrice, primul grup de 50 MW a intrat în funcțiune la 30 iunie 1970, iar grupul al doilea la 30 iunie 1971.

De remarcat că grupurile de 50 MW și cazanele de 420 t/h abur la 570°C și 140 ata de la CET Palas sînt primele unități de această putere construite în țară, realizare ce marchează o importantă etapă în dezvoltarea industriei energetice românești.

Concepția centralei aparține Institutului de studii și proiectări energetice (ISPE) din cadrul Ministerului Energiei Electrice. Ca proiectanți de specialitate au colaborat: Institutul de proiectări de automatizări (IPA) și Institutul de cercetări și proiectări de echipamente termoenergetice (ICPET).

Montajul echipamentelor de bază și anexe, precum și cel al circuitelor de forță și secundare au fost realizate de Întreprinderea „Energomontaj" din cadrul Ministerului Energiei Electrice.

Beneficiarul lucrării—coordonator al tuturor factorilor care au concurat la realizarea obiectivului — este I. E. C. Constanța.

Ținînd seama de condițiile din țara noastră în legătură cu necesitatea economisirii combustibilului, studiile elaborate de ISPE au evidențiat faptul că centrala electrică de termoficare cu parametri înalți constituie soluția optimă de alimentare cu căldură și energie electrică a platformei industriale Palas-Sud.

Se prelimină ca, pentru energia electrică livrată, grupurile să funcționeze cu un consum maxim specific de combustibil de circa 290 g c. c./kWh.

Centrala este echipată cu următoarele agregate de bază:

a) două cazane tip C.P.G. — 420 A (cu circulație naturală), pe păcură, produse de Uzinele „Vulcan" — București, avînd următoarele caracteristici principale:

— debit	420 t/h
— presiunea aburului viu	140 ata
— temperatura aburului viu	570 °C

b) două turbogrupuri tip DSL—50 (cu condensație și două prize reglabile) produse de UCM Reșița, avînd următoarele caracteristici:

— putere nominală	50 MW
— priza reglabilă industrială cu presiunea de 13 ± 3 ata	

---

[*] Ing. Dan Negrețu lucrează la ISPE; în prezent este șef de proiect complex al CET Palas.

şi debitul nominal (cu priza de termoficare închisă) de 230 t/h;

— priza reglabilă de termoficare cu presiunea de 0,7—2,5 ata şi debitul maxim (cu priza industrială închisă) de 160t/h;

c) două generatoare de curent alternativ tip TH 60—2 (fabricaţie UCM Reşiţa), cu puterea de 60 MW şi tensiunea la borne 10 600 V, 50 Hz, 3000 rot/min, răcite cu hidrogen;

d) două cazane de apă fierbinte de 100 Gcal/h, tip CAF 4 (produse de uzina „Vulcan'') cu funcţionare pe păcură, avînd următoarele caracteristici:

— debit de căldură	100×10^6 kcal/h
— temperatura apei	70 — 150 °C
— presiunea apei	10—20 kgf/cm^2

e) două transformatoare de forţă tip „Electroputere'' — Craiova, de 80 MVA, $116 \pm 9 \times 1{,}78\%/10{,}5$ kV, cu reglaj sub sarcină, cu circulaţie naturală de ulei şi suflaj de aer, grupa de conexiuni Y_0d-11;

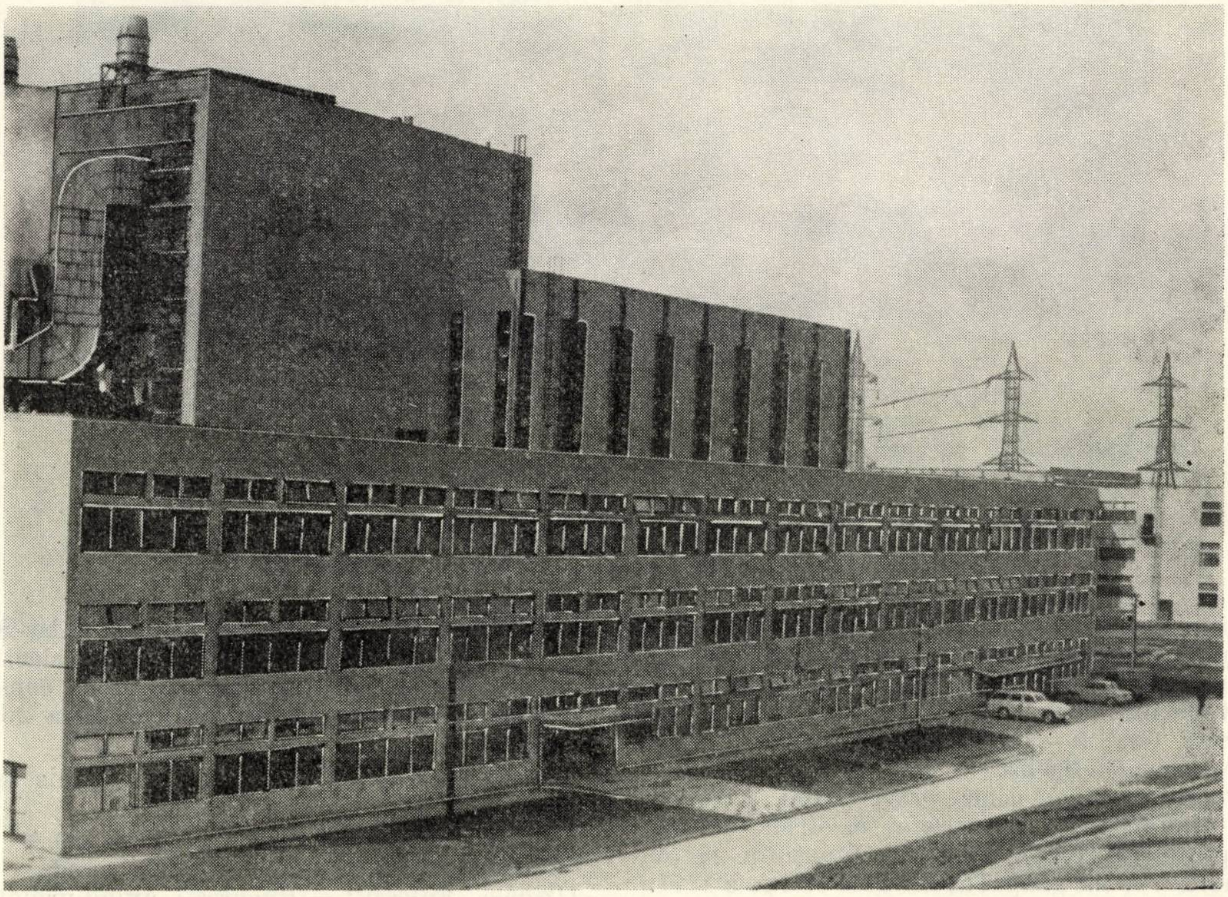


Fig. 2. Vedere frontală.

f) aparatura de automatizare de tipul electronic tranzistorizat este realizată de Fabrica de elemente pentru automatizări (FEA) după licenţă Hockuşhin.

Echipamentul auxiliar este, de asemenea, în cea mai mare parte de fabricaţie indigenă.

Alimentarea cu păcură se face prin conducte de la o bază de petrol amplasată la circa 2 km.

Schema adoptată pentru răcire este în circuit închis. Apa de adaos pentru cazane se tratează într-o instalaţie de demineralizare totală.

Apa brută, de adîncime, este furnizată de reţeaua de apă potabilă a oraşului Constanţa, alimentată de două surse independente.

Energia termică se livrează prin două magistrale amplasate subteran, în canale de beton.

Evacuarea energiei electrice se face prin linii aeriene de 110 kV radiale şi de interconexiuni, prin intermediul staţiei interioare de 110 kV din incintă.

2. Amplasamentul, planul general şi organizarea de şantier, soluţii de fundare

Centrala este amplasată în cadrul zonei industriale Palas, situată la circa 3 km spre sud de oraşul Constanţa.

Accesul rutier în incintă se face prin şoseaua de centură a oraşului Constanţa, iar racordul exterior de cale ferată este realizat printr-o linie de legătură cu staţia tehnică de cale ferată Palas.

Obiectele principale ale centralei (clădirea principală cu corpul de exploatare, staţia electrică interioară de 110 kV, stația de epurare chimică, sala cazanelor de apă fierbinte, turnurile de răcire) sînt eșalonate într-o dispoziție paralelă de-a lungul șoselei de centură, asigurîndu-se astfel posibilități de extindere pentru fiecare obiect în parte.

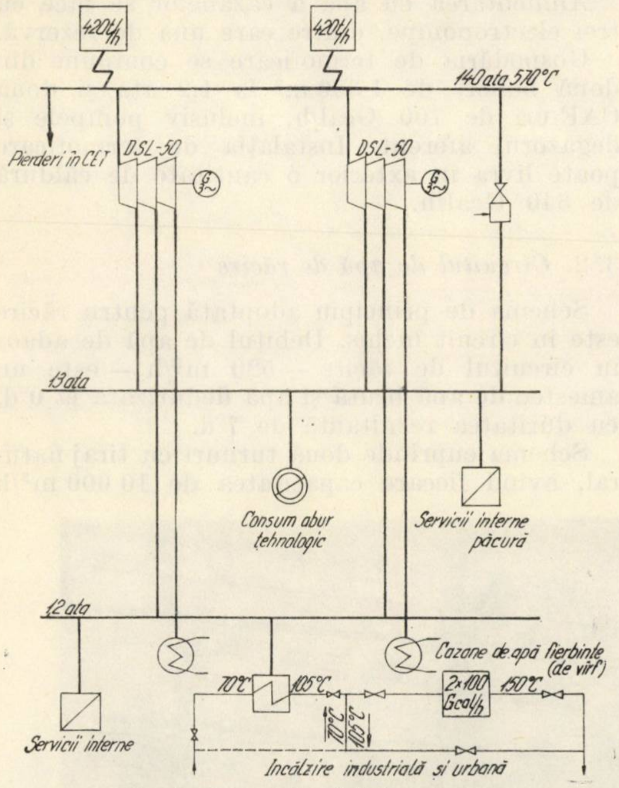

420t/h
420t/h
140 ata 570°C
Pierderi în CET
DSL-50
DSL-50
G
G
13 ata
Consum abur tehnologic
Servicii interne păcură
12 ata
Cazane de apă fierbinte (de vîrf)
70°C
105°C
2×100 Gcal/h
150°C
70°C
105°C
Servicii interne
Încălzire industrială și urbană

Fig. 3. Schema termică de principiu.

Incinta ocupă o suprafață de 10,9 ha; indicele total de suprafață construită a fost calculat la 54%, iar indicele de ocupare a terenului la 27%, cifre uzuale pentru centralele de acest tip.

Pentru organizarea execuției montajului și construcțiilor au fost ocupate provizoriu suprafețe suplimentare, în special pentru amenajarea platformelor de preasamblare la sol a cazanelor de abur.

Clădirile importante, cu sarcini mari și mediu umed, au fost fundate direct sau pe piloți, pe stratul de argilă de la cota — 10,0 m. Construcțiile cu sarcini mici și fără mediu umed au fost fundate pe stratul de loess, la —2,5 m, cu respectarea instrucțiunilor și normativelor în vigoare. Pînza de apă se găsește la o adîncime cuprinsă între 11,0 și 13,0 m și nu prezintă agresivitate față de betoane. Gradul de seismicitate de calcul pentru toate obiectele centralei este 7.

La proiectarea lucrărilor de construcții-montaj s-a ținut seama în mod special de acțiunea corosivă a mediului salin asupra părților metalice și a instalațiilor electrice.

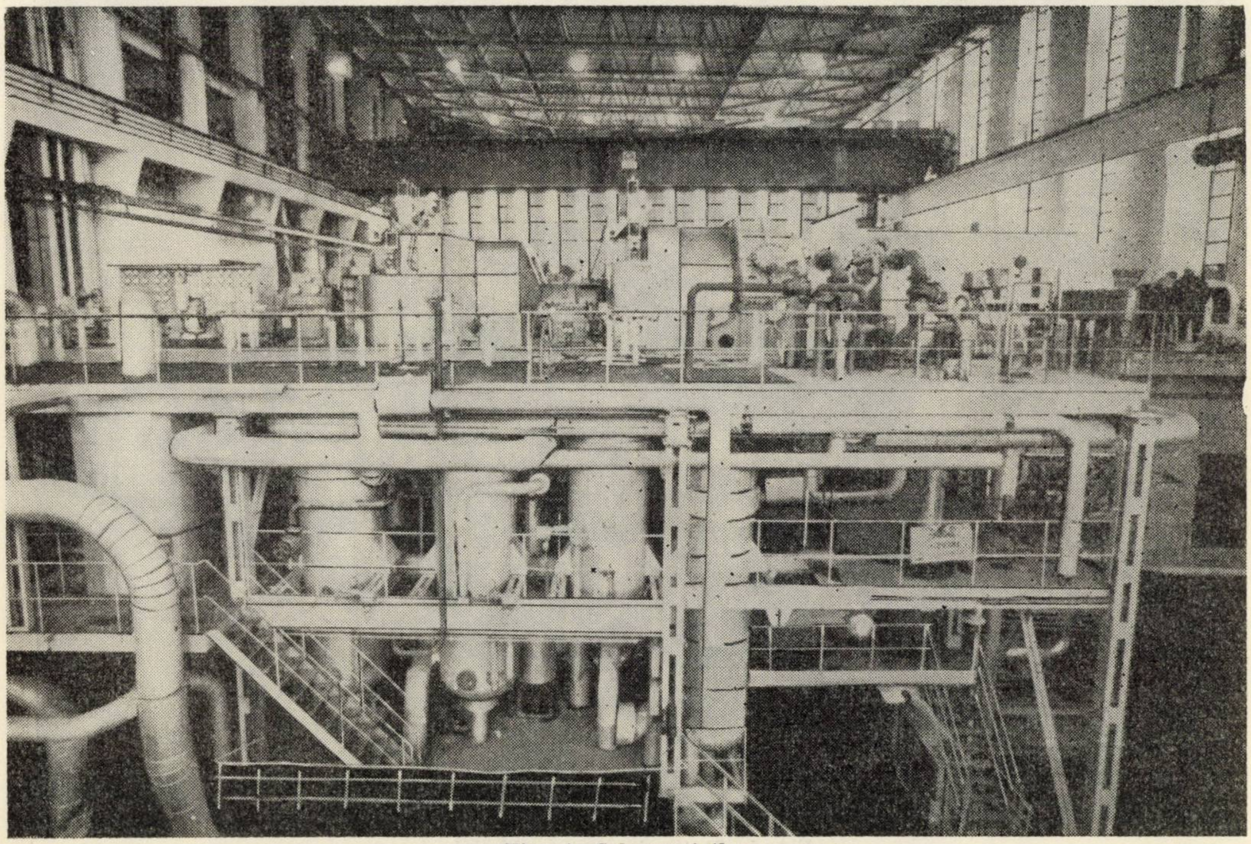


Fig. 4. Sala mașinilor.

3. Concepția schemelor tehnologice

3. 1. *Instalații termomecanice*

Schema termomecanică este de tipul bloc, cu bare de ajutor pe principalele nivele de presiune și temperatură. La bara de ajutor pe abur viu, care asigură conectarea fiecărui cazan cu oricare dintre turbine, este racordată o stație de reducere-răcire rapidă de 200 t/h care by-passează turbina în caz de avarie.

Degazarea apei de adaos se realizează în două trepte, la 1,2 ata și 6 ata. Rezerva de apă degazată asigură funcționarea cazanelor la plină sarcină timp de 18 minute.

Funcție de necesitățile consumatorilor și ale serviciilor interne, au rezultat necesare următoarele nivele pentru aburul de medie presiune: 1,2 ata, 6 ata, 13 ata și 16 ata.

Aburul de 1,2 ata și 13 ata este asigurat de prizele reglabile ale turbinelor, cel de 6 ata prin reducere de la 13 ata, iar cel de 16 ata prin intermediul a două stații de reducere-răcire de cîte 10 t/h.

Alimentarea cu apă a cazanelor se face cu trei electropompe, dintre care una de rezervă.

Gospodăria de termoficare se compune din două boilere de 1 300 m^2 la 1,2 ata și două CAF-uri de 100 Gcal/h, inclusiv pompele și degazorul aferent. Instalația de termoficare poate livra în exterior o cantitate de căldură de 340 Gcal/h.

3. 2. *Circuitul de apă de răcire*

Schema de principiu adoptată pentru răcire este în circuit închis. Debitul de apă de adaos în circuitul de răcire — 520 m^3/h — este un amestec de apă brută și apă dedurizată la 0°d, cu duritatea rezultantă de 7°d.

Schema cuprinde două turnuri cu tiraj natural, avînd fiecare capacitatea de 10 000 m^3/h

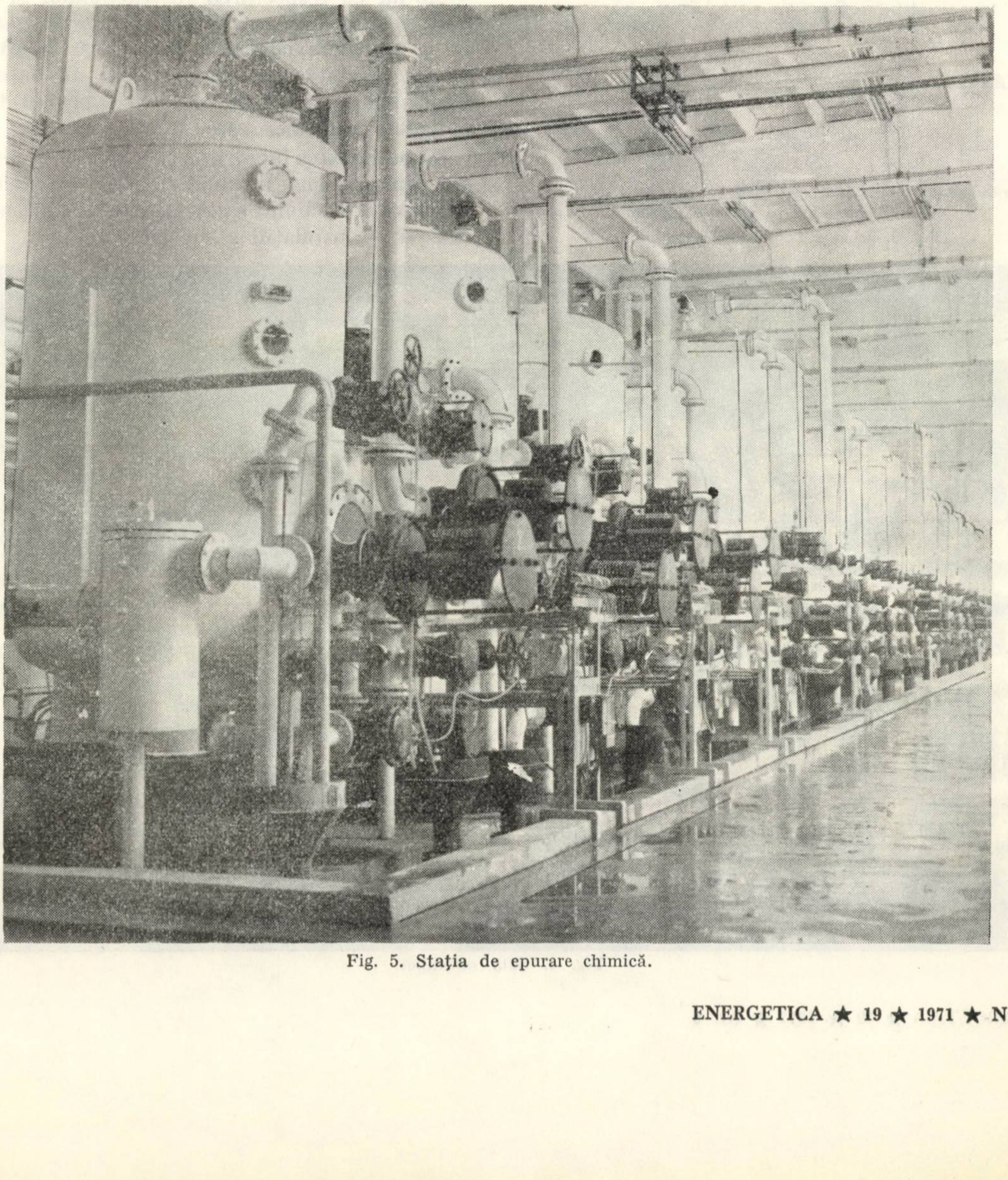


Fig. 5. Stația de epurare chimică.

şi suprafaţa irigată de 1 470 m^2. Pompele de circulaţie sînt în număr de patru, cîte una pe fiecare jumătate de condensator.

Toate conductele, atît cele de apă răcită, cît şi cele de apă caldă, sînt metalice, pozate în canivouri de beton armat acoperite cu plăci prefabricate; soluţia a fost impusă de natura terenului de fundare (loess sensibil la înmuiere).

3. 3. *Staţia de tratare chimică a apei*

Instalaţia a fost concepută pentru a asigura calitatea corespunzătoare următoarelor debite :

— apă demineralizată pentru adaos la cazane	100—200 t/h
— condensatul de bază şi condensatul secundar	110—150 t/h
— apă dedurizată pentru adaos în reţeaua de termoficare	20—150 t/h
— apă dedurizată pentru adaos în circuitul de răcire	350—500 t/h

Staţia este alimentată cu apă brută din puţuri şi cu condensat industrial returnat cu o conductibilitate sub 100 μs/cm.

Apa brută are următoarele caracteristici : potabilă, clorinată, conţinut redus de suspensii şi materii organice, conţinut ridicat de bicarbonaţi, conţinut de SiO_2 relativ ridicat (12 mg/l), duritate 18°d.

Pentru adaosul la cazane s-a prevăzut o instalaţie de demineralizare cu trei linii tehnologice (două în funcţiune şi una în regenerare) a cîte 100 t/h fiecare ; ciclul de funcţionare este de 20 ore.

Schema instalaţiei de demineralizare conţine următoarele trepte : filtrare mecanică prin cărbune activ — treaptă cationică slab acidă — treaptă puternic acidă — degazare (CO_2) — treaptă slab bazică — treaptă puternic bazică — filtre cu pat mixt.

Apa demineralizată după filtrul cu pat mixt are următorii parametri :

— silice	0,02 mg/l
— conductibilitate	0,2μs/cm
— substanţe organice	0,5—1 mg/l $KMnO_4$

Regenerarea, care durează între 6 şi 8 ore, se face cu HCl şi respectiv $NaOH$.

Masele ionice folosite sînt de tipul Amberlite.

Pentru a evita impurificarea apei cu fier, s-a prevăzut ca filtrele să fie ebonitate, iar conductele cauciucate.

Ventilele din aval de filtrele cu pat mixt au fost prevăzute cu blocaje, cu impuls de la silicometrele montate în amonte.

Filtrele cu pat mixt sînt fabricate de uzina „Vulcan'' după licenţă Rossetti.

Instalaţia de tratare a condensatului de bază constă dintr-o singură linie formată dintr-o treaptă cationică puternic acidă şi un filtru cu pat mixt ; ciclul de funcţionare a acestei linii este de 15 zile.

Condensatul de bază (inclusiv cel secundar) este tratat numai în cazul în care are o conductibilitate mai mare de 0,5 μs/cm sau un conţinut de Fe de peste 0,05 mg/l.

Dedurizarea apei pentru adaos în circuitul de răcire şi în reţeaua de termoficare se realizează într-o instalaţie Na-cationică (2 linii).

Duritatea apei după filtrarea Na-cationică este de maximum 0,1°d.

După răcire, condensatul industrial este trecut printr-un filtru cu cărbune activ şi apoi prin linia Na-cationică sau H-cationică, în funcţie de conductibilitatea sa ; la o conductibilitate de peste 100μs/cm condensatul răcit este trimis la canal.

Neutralizarea apelor provenite de la spălarea filtrelor se realizează în bazine de amestec şi în cămine cu piatră de var, după care apele pot fi deversate la canal prin intermediul unor ventile cu acţionare electrică, care primesc impuls de la pH-metre montate în amonte de ventil.

Rezerva de apă demineralizată este asigurată în cadrul staţiei de tratare în două rezervoare de cîte 160 m^3.

În sfîrşit, pentru condiţionarea apei de alimentare s-a prevăzut o gospodărie de hidrazină.

Aprovizionarea cu reactivi chimici (HCl, $NaOH$, $NaCl$) a staţiei se face pe calea ferată.

Trebuie precizat, de asemenea, că deşi în majoritatea cazurilor s-au montat vane cu acţionare manuală, totuşi s-a prevăzut posibilitatea ca acestea să poată fi echipate cu mijloace de acţionare pneumatică în vederea automatizării totale a funcţionării liniilor după program.

3. 4. *Gospodăria de combustibil lichid*

Păcura, transportată prin conducte de la o bază de petrol din Constanţa, este depozitată la centrală în două rezervoare-tampon de beton subterane de cîte 2 500 m^3 fiecare ; rezervele de combustibil sînt asigurate la bază.

Instalaţia de combustibil lichid a fost dimensionată astfel încît să asigure următoarele debite de păcură : 60 t/h la presiunea de 40 kgf/cm^2 (pentru cazanele de abur) şi 25 t/h la 30 kgf/cm^2 (pentru CAF-uri).

Schema de alimentare cu păcură este concepută în două trepte, prima fiind prevăzută cu pompe cu roţi dinţate, iar a doua cu pompe centrifuge. Preîncălzitoarele de păcură sînt amplasate în refularea primei trepte de pompare.

Toate motoarele electrice din interiorul staţiei sînt de construcţie antiexplozivă.

3. 5. *Gospodăria de ulei*

Gospodăria de ulei este destinată depozitării, regenerării şi manipulării uleiurilor de turbină şi transformator. Cele şase rezervoare metalice (3 × 30 m^3 + 3 × 40 m^3) pentru păstrarea uleiurilor sînt grupate într-un depozit descoperit.

Pentru vehicularea uleiurilor s-au prevăzut pompe cu roţi dinţate, iar pentru regenerare centrifuge mobile. Pompele de ulei sînt amplasate în clădirea gospodăriei de păcură. Transportul uleiului de la sala maşinilor la gospodăria de ulei se face cu cisterna. Uleiul este adus pe calea ferată, iar descărcarea se asigură printr-o rampă cu patru guri.

3. 6. *Instalaţii electrice*

Turbogeneratoarele debitează la barele staţiei de 110 kV Palas prin intermediul transformatoarelor de 80 MVA, montate în schemă-bloc.

Staţia de 110 kV dispune de două circuite de linie de interconexiune şi cinci circuite pentru distibuţia spre consumatori. Staţia este prevăzută cu dublu sistem de bare colectoare şi cuplă transversală; unul dintre sistemele de bare colectoare poate fi utilizat şi ca bară de transfer. Barele colectoare sînt dimensionate pentru o circulaţie de puteri de 350 MVA, iar staţia în ansamblu pentru puteri de scurtcircuit care pot atinge valoarea de 4 000 MVA; prin amenajări corespunzătoare, nivelul puterilor de scurtcircuit se poate ridica la 6 000 MVA, valoarea corespunzătoare puterii de rupere a întreruptoarelor. În cele 16 celule ale staţiei este montat următorul aparataj principal:

— Întreruptoare de 1 600 A, 6 000 MVA, cu acţionare şi stingere a arcului cu aer comprimat la presiunea de 20 kg/cm² şi dispozitive de acţionare tip Cottbus, de fabricaţie Skoda.

— Separatoare de 1 250 A acţionate cu aer comprimat la presiunea de 4,5 at, de fabricaţie „Electroputere”—Craiova.

Barele colectoare şi de derivaţie sînt realizate din ţeavă de aluminiu.

Staţia este de tip interior, datorită salinităţii ridicate a atmosferei.

Pentru alimenatrea în funcţionare normală a serviciilor proprii de bloc s-a prevăzut cîte un transformator de 16 MVA, 10,5/6,3 kV, racordat în derivaţie la bornele fiecărui generator, fără aparate de comutaţie, dar cu eclisă de separaţie. Transformatoarele de derivaţie de 16 MVA alimentează cîte o staţie de 6 kV, cuprinzînd fiecare cîte două secţii; serviciile proprii de bloc de 0,4 kV se alimentează de la barele staţiei de 6 kV, prin intermediul cîte unui transformator de 750 kVA, 6/0,4 kV.

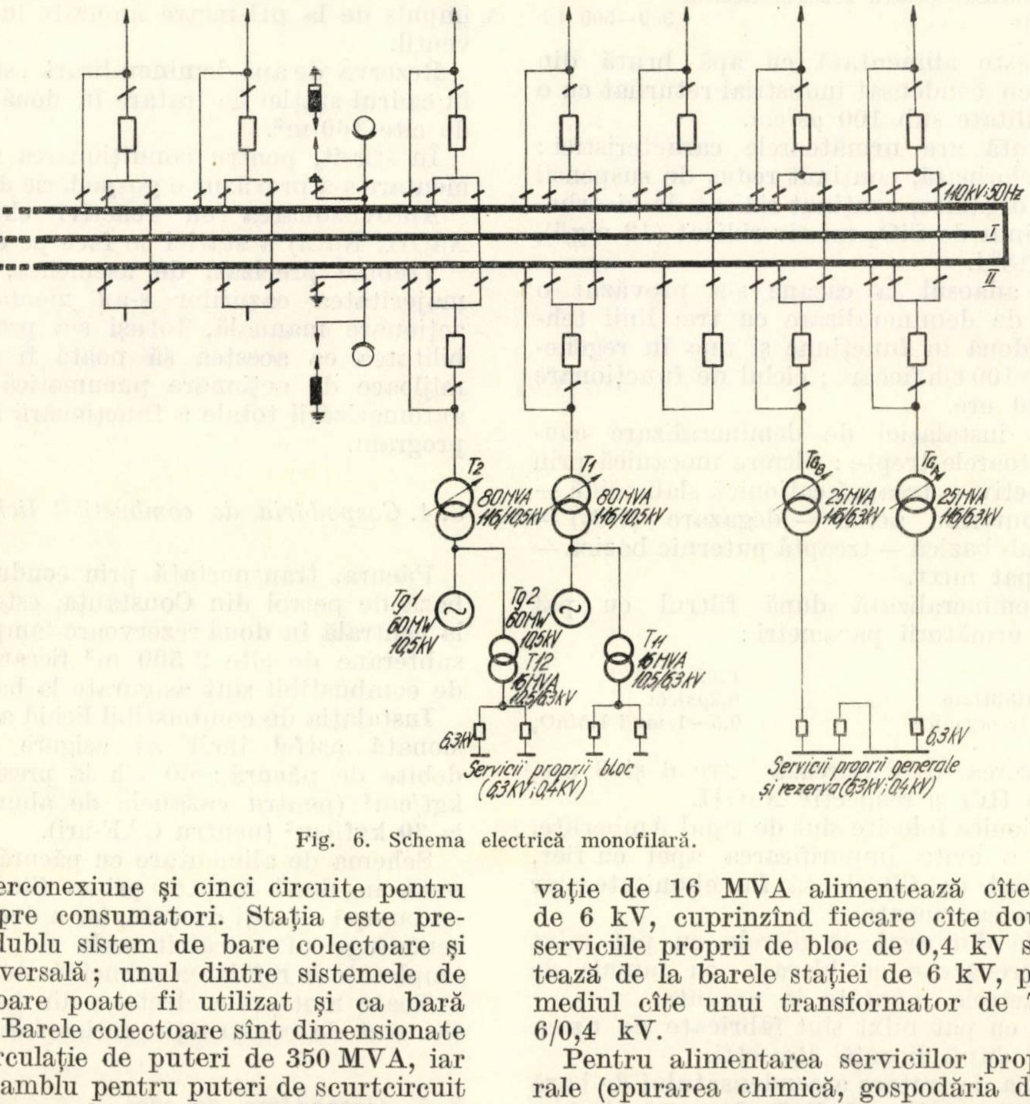


Fig. 6. Schema electrică monofilară.

Pentru alimentarea serviciilor proprii generale (epurarea chimică, gospodăria de păcură, cazanele de apă fierbinte, staţia de 110 kV, iluminatul) se dispune de o staţie de 6 kV cu două secţii de bare colectoare alimentate prin cîte un transformator de 25 MVA; pe partea de înaltă tensiune transformatoarele se racordează la staţia de 110 kV.

Alimentarea serviciilor proprii de bloc în regim de pornire sau oprire, precum şi în cazul în care circuitul de alimentare normală ar fi indisponibil, se asigură din sistem prin intermediul staţiei de 6 kV de servicii generale.

Transformatoarele de bloc de 80 MVA şi cele pentru serviciile proprii generale de 25 MVA sînt amplasate în linie, în faţa sălii maşinilor.

Transformatoarele de derivaţie de 16 MVA sînt amplasate între transformatoarele de bloc respective şi peretele sălii maşinilor. Legăturile electrice de 10,5 kV dintre bornele de ieşire ale generatorului şi bornele transformatoarelor de bloc sînt realizate în profile de aluminiu cu Ø = 300 mm, iar derivaţia la transformatorul de 16 MVA, din profile 2U—14, protejate în tuburi de aluminiu, fază cu fază.

Centrala dispune de trei instalaţii de producere şi distribuţie a curentului continuu:

— instalaţia de 220 V, care alimentează buclele de comandă, iluminatul de siguranţă, pompa de ulei de avarie etc.;

— instalaţia de ± 24 V, destinată alimentării buclelor de comandă, semnalizare şi sincronizare din camerele de comandă electrică, termică şi de dispecer (UNILOG);

— instalaţia de 24 V, care alimentează buclele de comandă şi semnalizare din camera de comandă termică (UNIMOD).

Instalaţiile de producere a curentului continuu cuprind baterii de acumulatoare, redresoare, grupuri convertizoare de alimentare permanentă şi periodică, tablouri principale şi tablouri secundare.

Tablourile principale dispun de cîte două sisteme de bare secţionate longitudinal.

Instalaţiile de curent continuu funcţionează cu bateriile şi redresoarele (sau grupurile de alimentare permanentă) în regim tampon, sarcina permanentă fiind preluată de grupuri sau redresoare.

Pentru acţionări în staţia de 110 kV s-a prevăzut o instalaţie de aer comprimat formată din trei grupuri compresoare, dintre care unul de rezervă (1,05 m^3/min, 42 kg/cm^2) inclusiv instalaţia de uscare şi filtrare a aerului salin.

Principiul de bază în tratarea comutaţiei secundare constă în descentralizarea releelor de protecţie pentru partea de medie şi joasă tensiune a serviciilor proprii şi centralizarea protecţiilor pentru instalaţiile de înaltă tensiune şi a comenzilor şi informaţiilor pentru toate elementele importante ale centralei.

În acest scop centrala dispune de trei camere de comandă, şi anume: electrică, termică şi de dispecer.

Camera de comandă electrică centralizează măsura, comanda, semnalizarea, sincroni-

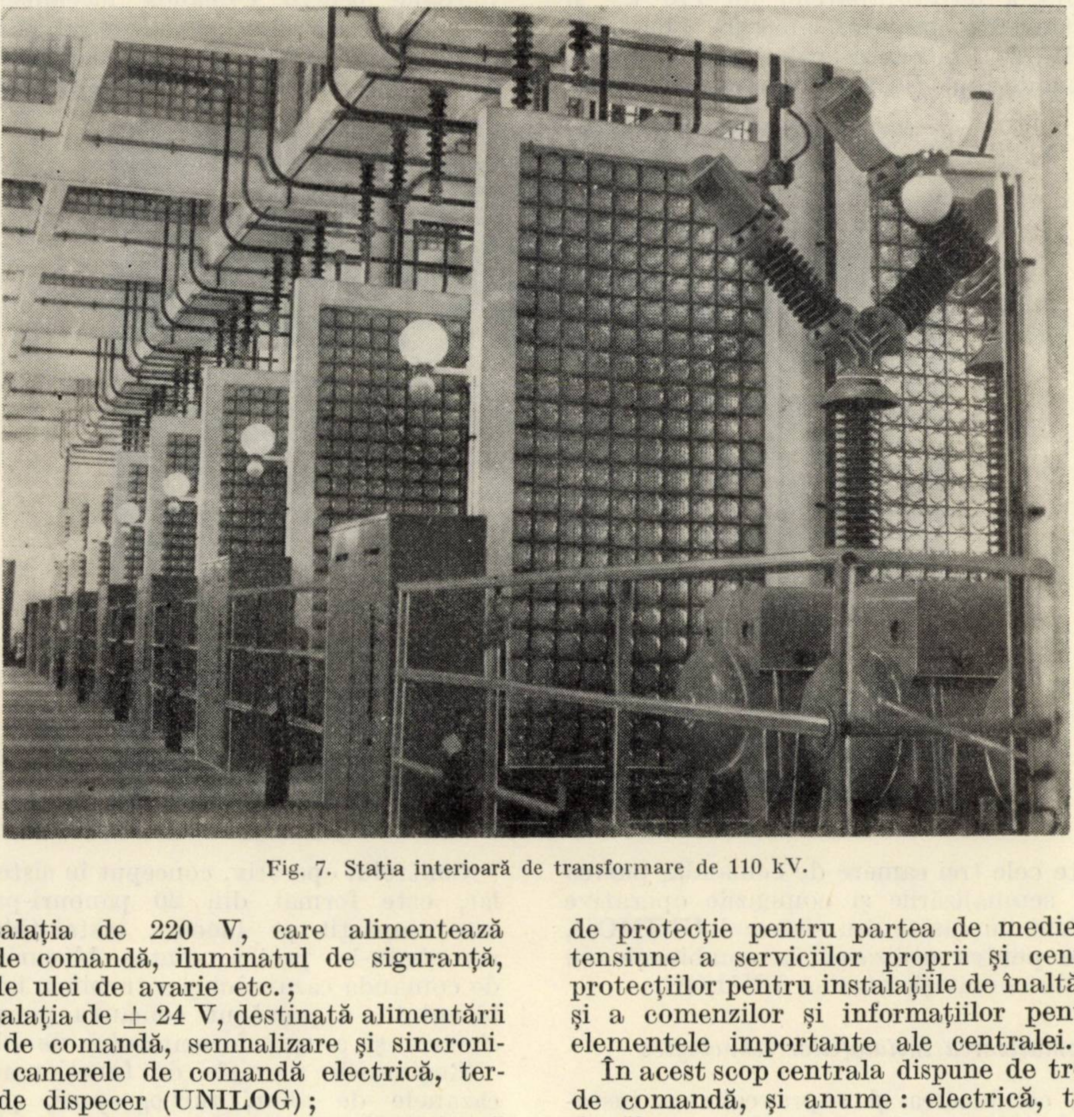


Fig. 7. Staţia interioară de transformare de 110 kV.

zarea şi protecţia pentru toate elementele şi echipamentele de comutaţie ale staţiei de 110 kV.

Camera de comandă dispecer (CCD) centralizează :

— comanda întreruptoarelor de 6 şi 0,4 kV aferente circuitelor de alimentare (normală şi de rezervă) a staţiilor şi tablourilor principale, destinate serviciilor proprii de bloc şi generale, precum şi a întreruptorului excitatricei de rezervă ;

— semnalizarea de poziţie a întreruptoarelor comandate din CCD şi a aparatajului de comutaţie de 110 kV de pe circuitele transformatoarelor de 25 MVA şi 80 MVA ;

— măsură, sincronizare, protecţie, semnalizări de prevenire şi avarie pentru elementele comandate din CCD.

Camera de comandă termică (CCT) centralizează, pe partea electrică, comanda operativă la distanţă a întreruptoarelor de 110 kV şi pentru stingerea cîmpului, aferente blocurilor de 50 MW, şi a întreruptorului de 110 kV de pe circuitul de cuplă (la pupitrele generatorului).

— un punct de comandă în cadrul instalaţiilor de epurare chimică a apei de adaos ;

— un punct de comandă la gospodăria de păcură ;

— un punct de comandă la cazanele de apă fierbinte ;

— tablouri locale la cazane, turbine, pompe de alimentare etc., pentru urmărirea evoluţiei unor parametri de interes local.

Aparatajul folosit — de fabricaţie indigenă (FEA), după licenţa Hockuşhin — este de tipul electronic tranzistorizat, cu acţionare pneumatică şi semnal unificat (2—10 mA) ; etajele de putere sînt realizate cu tranzistoare de siliciu şi cablaj imprimat.

Procesul tehnologic din clădirea principală este supravegheat şi condus din CCT ; aici sînt concentrate, pe panouri operative şi neoperative, aparatele de măsură, reglaj, protecţie, casetele de semnalizare, casetele-modul cu lămpi şi butoane pentru comanda mecanismelor.

Pentru controlul centralizat al parametrilor principali ai blocurilor s-a montat o maşină electronică de tip MCC—200 de producţie FEA.

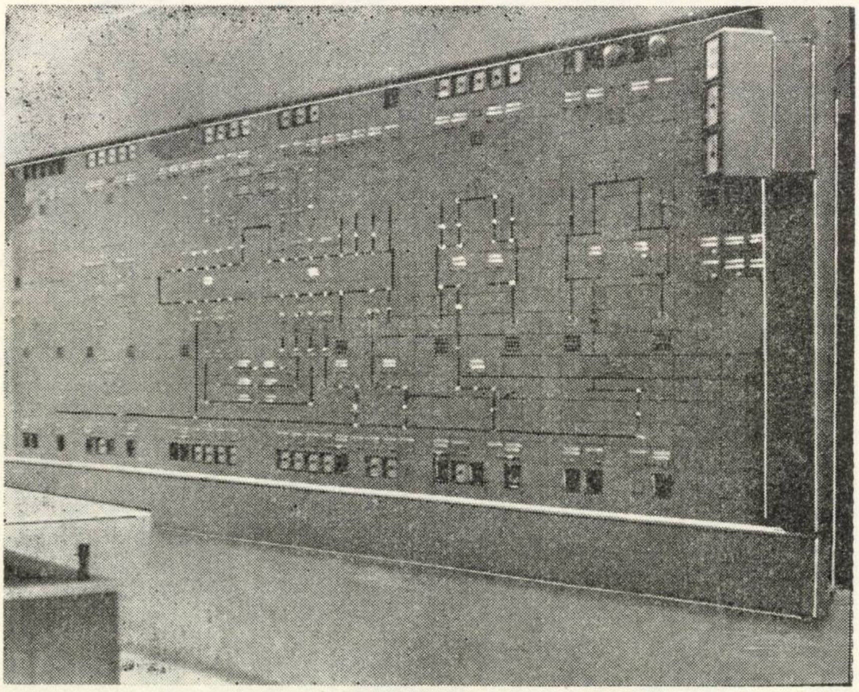


Fig. 8. Camera de comandă de dispecer.

În toate cele trei camere de comandă, partea electrică, semnalizările şi comenzile operative s-au realizat cu casete din sistemul UNIMOD, concepute pentru utilizarea în combinaţie cu sistemul de comutaţie statică UNILOG.

3. 7. *Automatizarea instalaţiilor tehnologice*

Pentru conducerea şi supravegherea instalaţiilor tehnologice s-au prevăzut :

— o cameră de comandă termică amplasată în clădirea principală ;

Controlul operativ, conceput în sistem modulat, este format din 20 panouri-pupitru şi este împărţit pe blocuri, instalaţiilor anexe revenindu-le partea dintre blocuri. Alături de comanda cazanului şi a turbinei, în conturul blocului s-a prevăzut comanda generatorului electric şi a transformatorului de bloc.

Regimurile normale de funcţionare pentru cazanele de abur, turbogrupuri, pompe de alimentare etc. sînt complet automatizate ; pornirea şi oprirea cazanelor de abur şi a pompelor de alimentare se realizează din CCT.

Instalaţiile de semnalizare şi protecţie prevăzute (protecţia cazanului, protecţia mecanică a turbinei etc.) permit supravegherea funcţionării echipamentelor, preîntîmpinarea şi limitarea avariilor.

4. Concepţia clădirii principale, amplasarea echipamentelor, soluţii constructive

Stabilirea tipului secţiunii transversale a clădirii principale a făcut obiectul unui studiu în care au fost analizate mai multe variante de amplasare a utilajelor de bază şi anexe.

Secţiunea cu corp de degazoare longitudinal şi cu o sală de maşini care admite amplasarea transversală a grupurilor a rezultat a fi cea mai avantajoasă din punct de vedere tehnico-economic. Această concluzie se justifică prin faptul că, în cazul unei centrale de termoficare de acest tip, volumul serviciilor proprii electrice, al instalaţiilor anexe termomecanice şi al conductelor este mai mare decît la centralele de condensaţie; amplasarea acestor instalaţii în mod compact, într-un volum construit în centrul de greutate al blocului cazan-turbină, volum care participă în mod eficient la rezistenţa transversală a clădirii, este avantajoasă atît din punct de vedere economic, cît, mai ales, din punct de vedere al exploatării.

Sala maşinilor are deschiderea de 39 m, lungimea de 78 m (13 travee a 6,0 m) şi înălţimea de 26 m la cornişe; cota şinei de rulare a podului rulant de 80/20 t este la +16,3 m. Clădirea are un subsol general la cota —4,5 m, planşeu continuu la cota ± 0,00 şi planşeu parţial de deservire la cota + 8,00.

Turbinele sînt dispuse transversal la un interax de 30 m; la cota ± 0,00 s-au amplasat pompele de alimentare, pompele de transvazare, gospodăria de termoficare etc., iar la subsol colectoarele de termoficare, conductele şi pompele de apă de răcire, traseele de cabluri etc.

Sala cazanelor are deschiderea de 24,00 m, lungimea de 63 m şi înălţimea de 38 m la cornişe; la cota +8,0 m, pe toată lungimea sălii şi pe o lăţime de 6 m, se află platforma de deservire. Interaxul cazanelor este de 30 m. În spatele sălii sînt amplasate în aer liber ventilatoarele de aer şi gaze şi preîncălzitoarele de aer; în zona ventilatoarelor s-a prevăzut un pod rulant electric de 12,5 tf.

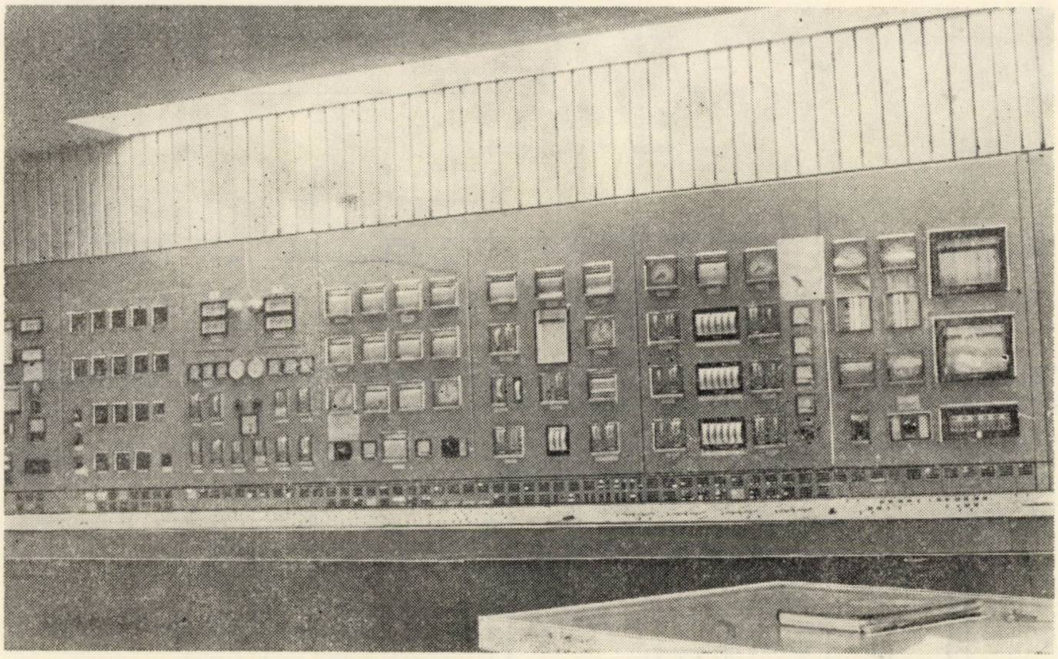


Fig. 9. Camera de comandă tehnologică.

Coşul de fum, înalt de 100 m şi cu diametrul la vîrf de 7,5 m, a fost dimensionat pentru patru cazane; înălţimea a rezultat din condiţia nedepăşirii concentraţiei de SO_2 la sol, impusă de normele sanitare.

Corpul degazoarelor, cu 6 nivele, are deschiderea de 9 m, lungimea de 78 m (13 travee a 6 m) şi înălţimea la atic de 36,0 m.

În corpul degazoarelor au fost amplasate:

- canalul de ventilaţie la cota —4,5 m;
- podul de cabluri pentru serviciile proprii electrice la cota — 2,8 m;
- staţiile electrice pentru servicii proprii la cota ±0,00;
- podul de cabluri pentru camerele de comandă la cota + 4,5 m;
- camerele de comandă termică şi de dispecer la cota + 8,0 m;
- staţiile de reducere-răcire, colectoarele de abur şi apă de alimentare la cota + 13,00 m;
- degazoarele de 6 ata şi 1,2 ata, la cota + 20,00 m.

La baza alegerii soluţiilor constructive şi de amplasare a utilajelor a stat necesitatea economisirii materialului lemnos, a metalului, folosirea materialelor uşoare la închideri, micşorarea volumului şi industrializarea lucrărilor de construcţii.

Astfel, structura de rezistenţă şi frontonul fix ale clădirii principale au fost realizate din beton armat turnat în cofraje glisante; în acelaşi mod a fost executată suprastructura coşului de fum. Turnurile de răcire, de 55 m înălţime şi 50 m diametru la bază, au fost turnate în cofraje păşitoare.

Fermele halei pentru instalaţiile de epurare chimică, avînd deschiderea de 24 m, sînt prefabricate.

Pentru micşorarea volumului construit s-au amplasat în aer liber utilaje din cadrul staţiei de tratare a apei, partea din spate a cazanelor de abur şi utilaje anexe ale acestora, transformatoarele de forţă, de servicii de bloc şi servicii generale, cazanele de apă fierbinte, între cotele + 8,0 m şi + 17,0 m etc.

Metalul a fost folosit numai acolo unde soluţiile de beton armat erau neindicate sau greu de realizat. Rezervoarele de păcură şi bazinele de neutralizare, obiecte care în mod tradiţional se executau din metal, au fost construite din beton armat monolit, protejat de izolaţii anticorosive speciale.

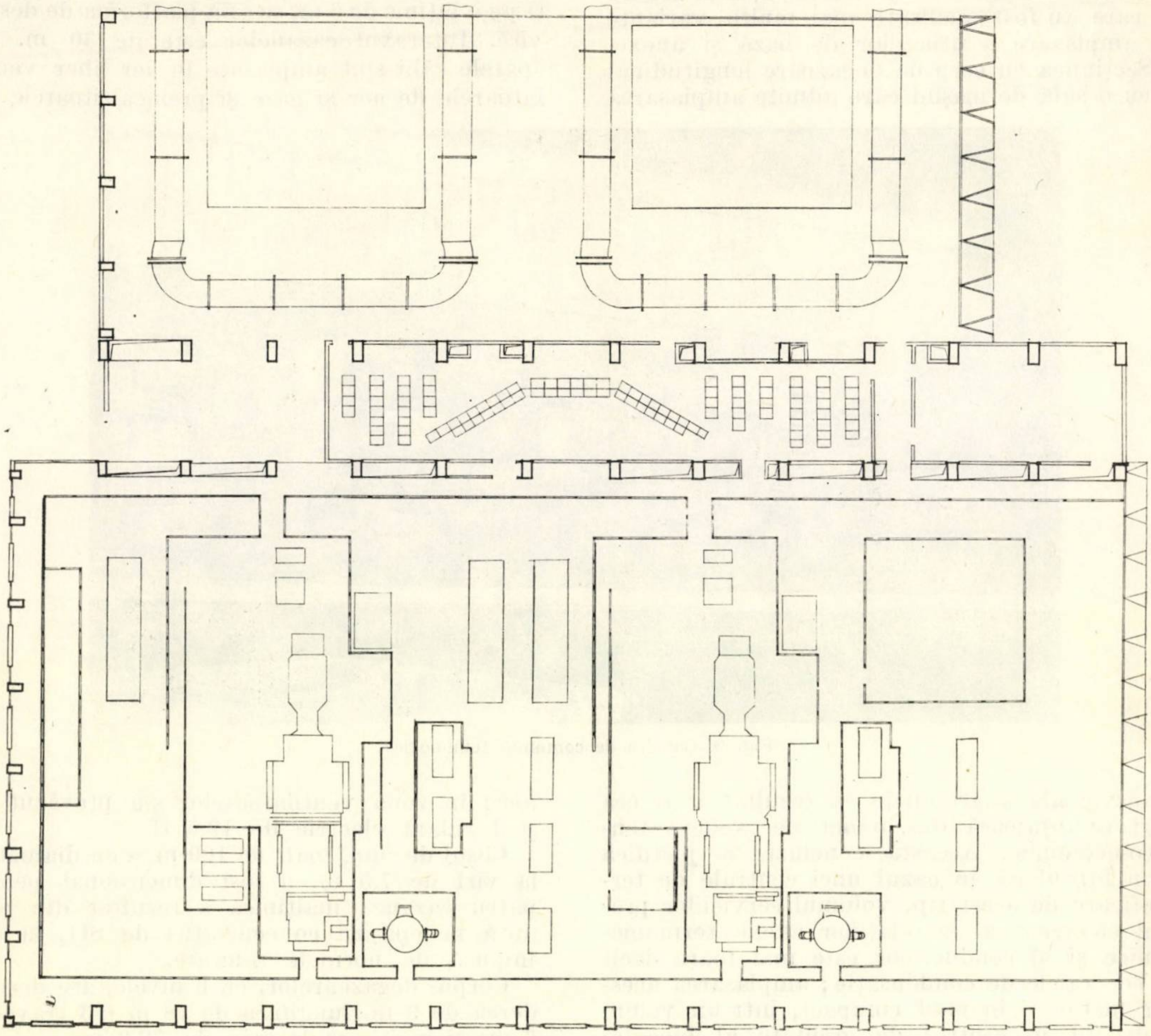


Fig. 10. Schema clădirii principale, secţiune la cota +8,00.

Elementele de structură, realizate din metal, sînt următoarele:

— fermele de acoperiş ale sălii maşinilor, cu deschiderea de 39,0 m;

— fermele de acoperiş ale sălii cazanelor, care se reazemă pe scheletul metalic al agregatelor; soluţia de rezemare impune folosirea fermelor metalice uşoare;

— peretele din spate al sălii cazanelor; agregatele fiind amplasate cu spatele în aer liber, închiderea metalică s-a făcut numai între cazane, structura metalică oferind posibilitatea comodă a prinderii de scheletul cazanului;

— pereții extensibili.

Pereții exteriori de închidere a clădirii principale sînt executați din materiale ușoare prefabricate sau din elemente glisate.

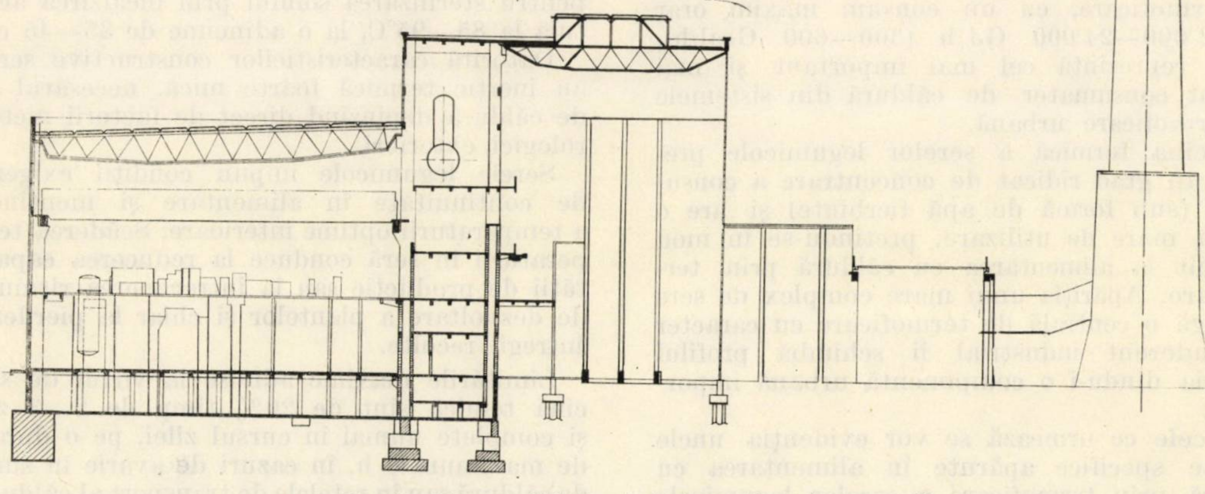


Fig. 11. Schema clădirii principale, secțiune transversală.

La sala mașinilor, pe șirul A și pe frontonul fix s-au prevăzut fîșii verticale de beton armat, glisate concomitent cu structura; pe restul suprafeței au fost montate ferestre metalice din tablă ambutisată; frontonul mobil s-a închis cu panouri de azbociment pe schelet metalic. La corpul degazoarelor și sala cazanelor s-au prevăzut pereți ușori, formați din panouri de azbociment montate în rame metalice.

Finisajul exterior s-a realizat din tencuieli de terasit; finisajele interioare sînt cele uzuale la centrale; la camerele de comandă s-au prevăzut finisaje mai deosebite, cum ar fi izolații fonice, tavane și contururi pe rabiț, precum și pardoseli din renolit.

Problema creării unor condiții de lucru corespunzătoare pentru personalul de exploatare a stat în centrul atenției colectivului de proiectare. În acest sens trebuie amintit că s-au prevăzut izolații fonice la camerele de comandă și la echipamentele cu funcționare nesilențioasă, ca stații de reducere-răcire etc. De asemenea, s-a dat importanța cuvenită soluționării problemei ventilației în clădirea principală, care se realizează astfel: aerul proaspăt se introduce în mod natural prin ferestrele mobile prevăzute pe peretele șirului A; un surplus de circa 15% din debitul total necesar este insuflat mecanic în zona arzătoarelor cazanelor și în subsolul sălii mașinilor; evacuarea aerului se face printr-un luminator montat pe acoperișul sălii cazanelor.

Pentru camerele de comandă s-au prevăzut instalații speciale de condiționare a aerului care asigură condiții optime de microclimat.

Indicatorii tehnico-economici calculați situează Centrala electrică de termoficare Palas—Constanța la nivelul centralelor similare construite în țări cu industrie dezvoltată. Experiența primelor luni de exploatare confirmă parametrii proiectați ai instalațiilor și prezintă garanții pentru o bună comportare a echipamentelor la funcționarea de lungă durată.

◆

Unele aspecte privind alimentarea cu căldură prin termoficare a marilor complexe de sere legumicole

Ing. L. Oancea *)

Datorită condițiilor naturale favorabile în țara noastră au apărut în ultimii ani importante suprafețe de sere legumicole. Realizate în complexe mari, de 100—200 ha, amplasate la distanțe de 2—6 km de centrale electrice de termoficare, cu un consum maxim orar de 12 000—24 000 GJ/h (300—600 Gcal/h), serele reprezintă cel mai important și mai exigent consumator de căldură din sistemele de termoficare urbană.

Sarcina termică a serelor legumicole prezintă un grad ridicat de concentrare a consumului (sub formă de apă fierbinte) și are o durată mare de utilizare, pretîndu-se în mod deosebit la alimentarea cu căldură prin termoficare. Apariția unui mare complex de sere pe lîngă o centrală de termoficare cu caracter preponderent industrial îi schimbă profilul acesteia dîndu-i o componentă urbană importantă.

În cele ce urmează se vor evidenția unele aspecte specifice apărute în alimentarea cu căldură prin termoficare a serelor legumicole rezultate din proiectarea și exploatarea complexului de sere Ploiești.

1. Particularitățile alimentării cu căldură a serelor legumicole

Serele legumicole sînt construcții metalice ușoare, acoperite cu sticlă, menite să realizeze artificial condiții climatice favorabile dezvoltării plantelor în perioadele reci ale anului.

1. 1. *Necesarul de căldură al serelor*

Căldura este utilizată în majoritate, prin intermediul agentului de transport apă fierbinte, pentru încălzirea aerului, a solului și a apei necesare stropirii și prin agent abur pentru sterilizarea solului.

Pentru a realiza și menține o anumită temperatură interioară în seră, solicitată de buna dezvoltare a plantelor, este necesară introducerea unei cantități de căldură pentru încălzirea aerului. În funcție de sortimentele cultivate și de faza de dezvoltare a acestora, temperatura interioară optimă a aerului este de 16—22°C.

Încălzirea solului are loc în perioadele în care apar diferențe de temperatură între tulpina și rădăcina plantei. Apa caldă — în circuit secundar închis — circulă prin conducte amplasate la o adîncime de 35—40 cm.

Încălzirea apei de stropire se realizează în mod discontinuu, cu o durată de 2—4 h/zi. Apa de stropire se preîncălzește la temperaturi reduse, în funcție de anotimp și de natura plantei. Instalația de stropire servește și la realizarea unei umidități optime în seră, care se reglează prin deschiderea sau închiderea ferestrelor de aerisire.

În perioada de vară, între două cicluri de cultură, serele necesită abur de joasă presiune pentru sterilizarea solului prin încălzirea acestuia la 85—95°C, la o adîncime de 35—45 cm.

Datorită caracteristicilor constructive serele au inerție termică foarte mică, necesarul lor de căldură depinzînd direct de factorii meteorologici exteriori.

Serele legumicole impun condiții exigente de continuitate în alimentare și menținere a temperaturii optime interioare. Scăderea temperaturii în seră conduce la reducerea capacității de producție sau la întreruperea ritmului de dezvoltare a plantelor și chiar la pierderea întregii recolte.

Limitările maxime admise la vîrful de sarcină temică sînt de 20% timp de 2—3 zile și complete numai în cursul zilei, pe o durată de maximum 6 h, în cazuri de avarie în sursa de căldură sau în rețelele de transport al căldurii. În exploatarea sistemului de termoficare ce deservește serele de la Ploiești nu au fost avarii semnificative și, din această cauză, nu au fost verificate practic limitările admisibile de mai sus.

1. 2. *Schemele punctelor termice*

Punctele termice realizează legătura dintre rețelele de termoficare și instalațiile consumatoare de căldură. Astfel, instalațiile interioare pentru încălzirea aerului se leagă direct cu pompele de amestec, iar cele pentru încălzirea solului și stropire se leagă indirect, prin schimbătoare de căldură de contracurent.

În figura 1 este prezentată schema unui punct termic-tip al serelor Ploiești, etapa II, cu indicarea instalațiilor de măsură și automatizare.

Astfel, menținerea constantă a diferenței de presiune între ducere și întoarcere, precum și limitarea presiunii de întoarcere la o anumită valoare se realizează cu ajutorul regulatoarelor de presiune *R*1 și *R*2. În vederea asigurării debitului necesar de întoarcere și pentru evitarea creșterii presiunii de ducere, se utilizează regulatorul automat de debit *R*3, care poate funcționa singur sau simultan cu pompa de amestec *P*. Dacă, totuși, presiunea crește peste cea admisă, supapa de siguranță *S* realizează protejarea instalației. Contorul de căldură *C* înregistrează consumul total de căldură al punctului termic.

---

*) Ing. Laurențiu Oancea este director tehnic la I.E.C. Ploiești.

În seră, reglarea temperaturii aerului se face prin modificarea debitului de apă fierbinte vehiculat, sub acţiunea regulatorului de temperatură *R*4 şi prin deschiderea automată a ferestrelor de aerisire, la creşterea locală bruscă a temperaturii, cu ajutorul regulatoarelor *R*5. Regulatorul *R*3 şuntează punctul termic la creşterea temperaturii în sere peste valoarea reglată pînă la o valoare maximă de 104°C a temperaturii apei din conducta de întoarcere. Menţinerea temperaturii apei calde necesare încălzirii solului şi stropirii este asigurată de regulatoarele de temperatură *R*6 şi *R*7.

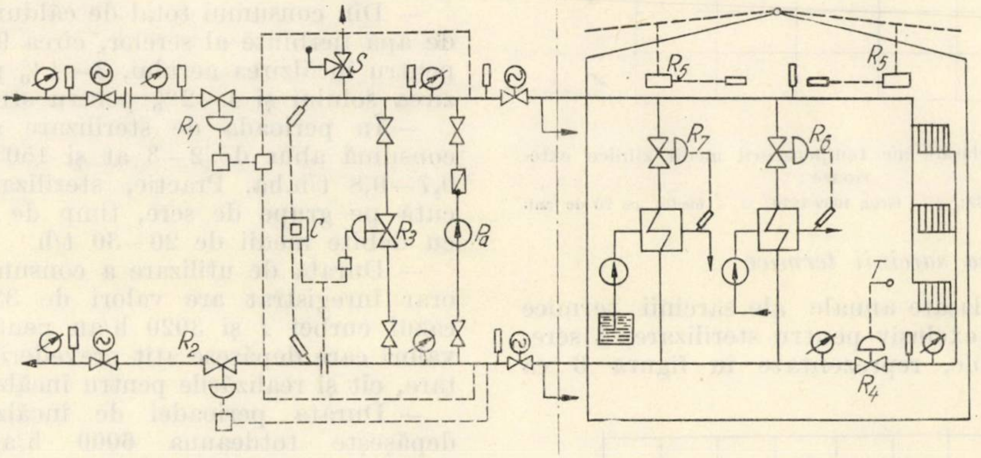


Fig. 1. Schema unui punct termic-tip al serelor Ploieşti — complex, etapa a II-a.

De remarcat că, pentru mărirea economicităţii schemelor de distribuţie a căldurii în sere, este necesar şi posibil, pentru întreg sezonul de încălzire, ca prepararea apei calde să utilizeze căldura din conducta de întoarcere prin adoptarea unei scheme de preîncălzire serie. Aceasta conduce la o dimensionare mai mică a reţelei de transport, la un consum mai mic de energie de pompare şi la o mai bună utilizare a prizelor turbinelor în CET.

2. Cîteva rezultate din exploatarea sistemului de termoficare din care este alimentat cu căldură complexul de sere Ploieşti

Complexul de sere legumicole Ploieşti cuprinde 201 ha, prima etapă de 51 ha intrînd în funcţiune în anul 1966. Situate pe trei amplasamente, la distanţe de 4—5 km de CET Brazi, serele au devenit unul dintre cei mai importanţi consumatori de căldură sub formă de apă fierbinte ai centralei, atingînd la vîrf 23 000 GJ/h (550 Gcal/h). Deoarece iniţial nu s-a avut în vedere apariţia acestui nou consumator, a fost necesară reprofilarea centralei prin instalarea a două noi grupuri specializate de termoficare.

Pînă la apariţia noilor grupuri, acoperirea consumului de căldură se face cu abur destins în turbinele existente şi din cazane de apă fierbinte nou instalate. Datorită urgenţei apărute în alimentarea noului consumator cazanele de apă fierbinte au devansat grupurile de termoficare, au fost montate în CET ca soluţie definitivă şi au preluat temporar o parte din consumul de bază. Ulterior ele vor rămîne numai ca instalaţii de vîrf şi de rezervă.

Echipamentele auxiliare din CET, necesare preparării apei fierbinţi, sînt comune tuturor consumatorilor centralei: sere, consum termic urban, consum industrial. Se subliniază concepţia deosebit de modernă a instalaţiei de pompare pentru vehicularea apei în reţea, în două trepte, cu un cuplaj hidraulic ce permite aplicarea reglajului mixt (debit şi temperatură variabile) la furnizarea căldurii, prin care pot fi realizate importante economii de energie de pompare şi combustibil.

Sistemul de transport al apei fierbinţi la sere este bitubular (2 × 600 şi 2 × 900 mm), conducta de ducere fiind dimensionată mecanic şi izolată termic, pentru a putea transporta vara şi aburul pentru sterilizarea solului [3].

Pentru punerea în evidenţă a aspectelor specifice privind alimentarea cu căldură prin termoficare a serelor, s-au analizat două perioade de încălzire climatologic diferite (fig. 2), şi anume: iarna 1968/1969, caracterizată prin temperaturi exterioare mai scăzute decît media ultimilor 20 de ani şi iarna 1969/1970, care a fost mai caldă. Temperaturile exterioare medii cele mai coborîte din zonă, în perioadele considerate, au fost de —16°C şi, respectiv, —8°C.

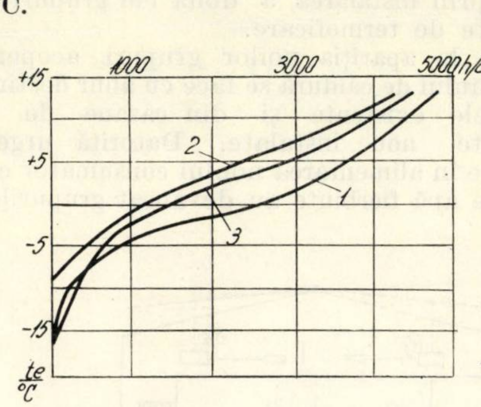


Fig. 2. Curbe clasate ale temperaturii medii zilnice exterioare :

1 — iarna 1968/1969; *2* — iarna 1969/1970; *3* — media pe 20 de ani.

2.1. *Mărimea sarcinii termice*

Curbele clasate anuale ale sarcinii termice tehnologice (exclusiv pentru sterilizare) a serelor legumicole, reprezentate în figura 3 ca debite medii zilnice pe unitatea de suprafaţă pentru cele două perioade de încălzire, evidenţiază următoarele elemente caracteristice. :

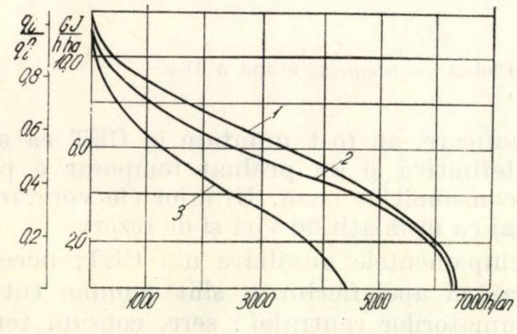


Fig. 3. Curbe clasate ale sarcinii termice pentru serele legumicole (*1*, *2*) şi pentru încălzirea urbană (3).

— Consumul maxim orar de căldură a înregistrat valori de 11,6 GJ/h.ha (2,78 Gcal/h.ha) pentru iarna 1968/1969 (curba *1*) şi de 11,3 GJ/h.ha (2,70 Gcal/h.ha) pentru iarna 1969/1970 (curba *2*), ceea ce indică un grad mare de concentrare a consumului. De remarcat că ultima cifră nu a fost realizată în ziua cu temperatura medie zilnică exterioară cea mai coborîtă a sezonului (—8°C), ci într-o zi relativ mai caldă (—5°C), dar în condiţii de ninsoare abundentă şi vînt. Rezultă că debitul maxim este determinat nu numai de temperatura exterioară, ci şi de apariţia altor factori climatologici. Pentru două perioade de încălzire diferite, variaţia sarcinii termice maxime a fost de numai 3%.

— Cantitatea de căldură anuală consumată este influenţată mai mult de caracterul climatologic al sezonului de încălzire, realizîndu-se 39 000 GJ/ha. an (9350 Gcal/ha.an) — curba *1*, faţă de 34 000 GJ/ha.an (8150 Gcal/ha.an) — curba *2*. Ambele cifre depăşesc consumul (6 000 Gcal/ha. an) considerat iniţial ca medie anuală, fiind de aşteptat însă unele reduceri prin măsuri constructive şi prin raţionalizări în sere. Comparativ cu consumul de căldură pentru încălzirea urbană (curba *3*) se constată că pentru acelaşi debit termic maxim orar sarcina termică anuală a serelor este totdeauna mai mare.

— Din consumul total de căldură sub formă de apă fierbinte al serelor, circa 95% serveşte pentru încălzirea aerului, 3—4% pentru încălzirea solului şi 1—2% pentru stropire.

— În perioada de sterilizare a solului se consumă abur de 2—3 at şi 150°C, în medie 0,7—0,8 t/h.ha. Practic, sterilizarea se execută pe grupe de sere, timp de 25—30 zile, cu debite medii de 20—30 t/h.

— Durata de utilizare a consumului maxim orar înregistrat are valori de 3350 h/an în cazul curbei *1* şi 3020 h/an pentru curba *2*, valori care depăşesc atît prevederile de proiectare, cît şi realizările pentru încălzirea urbană.

— Durata perioadei de încălzire la sere depăşeşte totdeauna 6000 h/an, atingînd 6312 h/an, respectiv 6264 h/an, cu mult mai mare decît durata încălzirii urbane.

— Limitele calendaristice ale perioadei de încălzire la sere au loc la temperaturi exterioare medii zilnice de 16°C şi uneori mai mari, impuse de procesul tehnologic. La începutul şi sfîrşitul perioadei de încălzire alimentarea cu căldură se face intermitent, fiind necesară livrarea pentru toate orele la care temperatura exterioară coboară sub temperatura interioară necesară din seră.

Se poate considera că temperatura exterioară la care are loc începutul perioadei de încălzire la sere este de +16°C, iar temperatura pentru sfîrşitul perioadei de încălzire este +18°C.

Practic, începerea încălzirii are loc în a doua jumătate a lunii septembrie, iar sfîrşitul ei în prima jumătate a lunii iunie.

2.2. *Variaţia sarcinii termice*

Din cauza lipsei de inerţie termică, necesarul de căldură al serelor legumicole este influenţat direct de condiţiile meteorologice. Variaţiile temperaturii exterioare, vîntul, precipitaţiile solide şi lichide, prezenţa radiaţiei solare sau a cerului acoperit modifică imediat microclimatul din seră. Din aceste cauze necesarul orar de căldură al serelor legumicole prezintă variaţii mari în cursul unei zile, în special în perioadele de început şi sfîrşit ale sezonului de încălzire, cînd apariţia sau dispariţia radiaţiilor solare se face brusc. Astfel, pentru asigurarea continuă a condiţiilor de microclimat interior necesar, livrarea căldurii se face în regim foarte variabil. Variaţia necesarului zilnic de căldură depinde de temperatura exterioară, dar apariţia altor factori meteorologici are o influenţă determinantă. Pentru ilustrarea celor de mai sus, în figura 4 s-a prezentat variaţia sarcinii termice pentru patru zile caracteristice.

Curba *1* se referă la o zi medie de iarnă, cu temperatură exterioară 0°C, fără vînt, cu cer variabil. Curba *2* se referă la o zi ceva mai caldă (+2°C), cu cer senin, dar cu vînt între 4—7 m/s, ceea ce conduce la un necesar de căldură cu circa 15% mai mare decît în cazul precedent. Curba *3* se referă la o zi rece, cu temperatura medie exterioară de —8°C, fără vînt, în care, datorită apariţiei în mod brusc a radiaţiei solare, are loc o reducere importantă a consumului de căldură, ajungînd la o medie zilnică de circa 8,4 GJ/h.ha (2 Gcal/h.ha). Într-o altă zi — curba *4* — cu temperatură exterioară comparativ mai ridicată (—5°C), dar cu ninsoare abundentă şi vînt, consumul mediu zilnic se ridică la 11 GJ/h.ha (2,6 Gcal/h.ha.) În nici un caz acoperirea necesarului zilnic nu se poate face prin livrarea debitelor medii. Este de relevat faptul că, pentru perioadele de ninsoare, totdeauna trebuie livrat un debit de căldură mărit cu 20—30%, necesar topirii zăpezii de pe acoperişul serelor, pentru prevenirea deteriorării acestora la depăşirea sarcinii admisibile.

Din cele arătate rezultă că, datorită dependenţei mari de evoluţia parametrilor climatici, alimentarea cu căldură a serelor trebuie să se facă permanent în regim variabil, în ritmul necesarului orar, iar în CET să se ia măsuri deosebite pentru ca livrarea să fie cît mai economică.

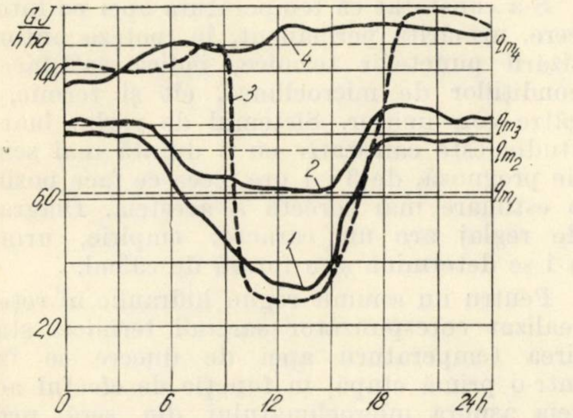


Fig. 4. Variaţia sarcinii termice zilnice a serelor legumicole.

Pentru urmărirea variaţiilor sezoniere ale sarcinii serelor legumicole, în figura 5 au fost reprezentate debitele de căldură medii lunare pe unitatea de suprafaţă pentru întreg sezonul de încălzire. Variaţia sarcinii termice urmăreşte în general variaţia temperaturii exterioare, fără ca aceasta să fie hotărîtoare.

În cursul fiecărei luni apar variaţii mari de la o zi la alta datorită schimbărilor climatologice.

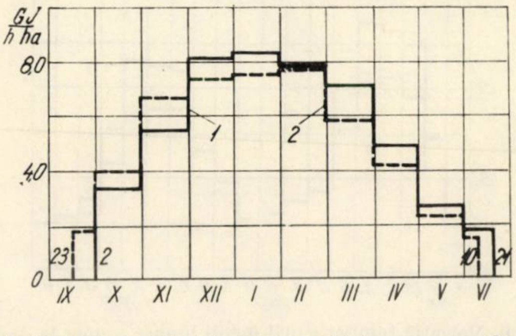


Fig. 5. Variaţia sarcinii termice medii lunare a serelor legumicole:

1 — 1968/1969; *2* — 1969/1970.

2. 3. *Coeficientul de termoficare orar*

Din analiza curbelor clasate ale sarcinii termice (fig. 3) şi ţinînd cont de mărimea şi variaţia acesteia, se constată că, pentru sistemele de termoficare care alimentează sere legumicole, nu se pot adopta valorile coeficientului de termoficare orar nominal stabilite ca optime pentru termoficarea urbană. La o valoare medie pentru termoficare urbană $\alpha_s^n = 0,4-0,5$, cea mai potrivită pentru condiţiile din ţara noastră [1], ar rezulta durate de utilizare a debitelor termice de vîrf foarte mari, de circa 2500—3300 h/an. Avînd în vedere rezultatele obţinute în primii ani de exploatare a serelor legumicole, precum şi datorită duratelor mari de utilizare anuală a sarcinii maxime, se consideră îndreptăţită alegerea pentru sere a unui coeficient de termoficare orar nominal mai mare.

În orice caz, pentru situaţii concrete, valoarea adoptată trebuie să rezulte obligatoriu în urma calculelor tehnico-economice, mai ales că de cele mai multe ori sistemul de termoficare urban este mixt — locuinţe, sere şi industrial — utilizînd aceleaşi surse ale CET.

2. 4. *Reglajul livrării de căldură*

Pentru asigurarea calităţii căldurii livrate în condiţii de economicitate maximă, modul de efectuare a reglajului are un rol primordial.

La sarcini termice nominale reglajul se face calitativ, cu modificarea temperaturii apei în conducta de ducere, conform unei diagrame de reglare. Practica a arătat că apar greutăţi în realizarea reglării temperaturii apei pentru sere, conform diagramei de reglaj cu caracter urban, în special pentru perioada de iarnă.

Variaţia temperaturii apei pe ducere la oraş şi sere, în cursul sezonului de încălzire (fig. 6), indică pentru perioada de iarnă temperaturi medii lunare cu 8—15 grade mai mari la sere decît la oraş. În funcţie de condiţiile meteorologice, diferenţele zilnice ajung la 15—25 grade.

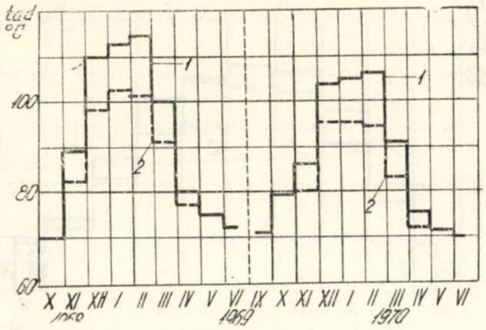


Fig. 6. Variaţia temperaturii medii lunare a apei la ducere : 1 — sere legumicole; 2 — încălzire urbană.

Din această cauză, trebuie să se funcţioneze cu regimuri termice diferite pentru sere şi oraş, prevăzîndu-se posibilităţi de reglare corespunzătoare a temperaturii în CET.

La sarcini termice mai reduse decît cele nominale, în vederea funcţionării cît mai economice, este obligatorie optimizarea reglării livrării căldurii prin folosirea reglajului cantitativ-calitativ, variindu-se coordonat debitul de agent termic vehiculat şi temperatura apei pe ducere. Variaţiile zilnice mari ale sarcinii termice (fig. 4) pot fi preluate cu uşurinţă în condiţii de siguranţă şi economicitate, prin modificarea debitului de apă din reţea cu ajutorul pompelor cu turaţie variabilă, corelat cu modificarea temperaturii pe ducere. În figura 7 este arătat un exemplu de reducere a puterii consumate de pompele de reţea, prin aplicarea reglajului cantitativ—calitativ numai în două trepte, pentru o zi cu radiaţie solară.

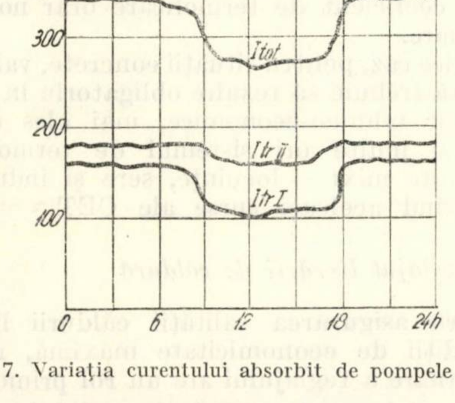


Fig. 7. Variaţia curentului absorbit de pompele de reţea.

Reducerea debitului de agent termic se face în anumite limite, care să asigure stabilitatea regimului hidraulic al reţelei, precum şi disponibilul de presiune necesar la punctul termic cel mai depărtat al consumatorului.

Aplicarea reglajului cantitativ-calitativ folosind pompe cu turaţie variabilă este uşor de realizat, conduce la importante economii de energie de pompare şi evită întoarcerea apei la CET cu temperaturi ridicate.

3. Aplicarea unui nou procedeu de reglaj

Datorită evoluţiei greu de prevăzut a parametrilor climatici şi lipsei de inerţie termică a serelor, apar dificultăţi mari în stabilirea şi respectarea unor diagrame de reglaj al livrării căldurii pentru menţinerea regimului termic optim.

Diagrama de reglare utilizată în general stabileşte un număr de perioade de reglaj pe zi, pentru care se realizează modificarea temperaturii apei pe ducere în funcţie de valorile probabile ale elementelor climatice prevăzute de staţia meteorologică locală. La mijlocul perioadelor de reglaj se operează corecţiile impuse de nerealizarea prognozelor climatice, astfel că variaţia temperaturii apei pe ducere se face într-un număr de trepte pe zi, la ore prestabilite.

Practica a arătat că realizarea regimului termic pentru sere în funcţie de prognoză şi de interpretarea acesteia nu este complet satisfăcătoare, conducînd deseori fie la insuficienta încălzire a serelor, fie, mai ales din prudenţă, la livrarea unui debit de căldură mai mare decît cel necesar. În ultimul caz intervine automatizarea distribuţiei şi a reglării căldurii din sere (fig. 1)şi conduce la temperaturi ridicate pe întoarcere, cu dezavantajele cunoscute în CET.

S-a constatat că temperatura apei pe întoarcere, urmărită permanent, în ipoteza automatizării punctelor termice, indică satisfacerea condiţiilor de microclimat, cît şi termic, de către consumator. Sistemul de reglaj luat în studiu este cantitativ cu o durată mai scurtă de prognoză, de 3—4 ore, ceea ce face posibilă o estimare mai corectă a acesteia. Diagrama de reglaj are un caracter empiric, urmînd a i se determina şi o formă de calcul.

Pentru un anumit regim hidraulic al reţelei, realizat corespunzător sarcinii termice, stabilirea temperaturii apei de ducere se face, într-o primă etapă, în funcţie de efectul acesteia asupra microclimatului din seră, urmărit prin valoarea temperaturii apei la ieşirea din nodul termic (t_{ai}). Se urmăreşte permanent încadrarea într-o diagramă de reglaj $t_{ai} = f(t_{ad})$, executată pentru diverse debite în reţea, indiferent de situaţia meteorologică (fig. 8). Într-o a doua etapă se corectează corespunzător temperatura apei pe ducere (t_{ad}), la plecarea din CET, ţinînd cont de decalajul de timp existent (3—4 ore). Pentru o variaţie mai importantă sau bruscă a $t_{aî}$, se acționează mai întîi asupra debitului de apă vehiculat prin modificarea turației pompelor de rețea. Concomitent, corespunzător noului regim hidraulic stabilit, se urmărește încadrarea în diagrama de reglaj $t_{aî} = f\ (t_{ad})$ prin corectarea temperaturii pe ducere.

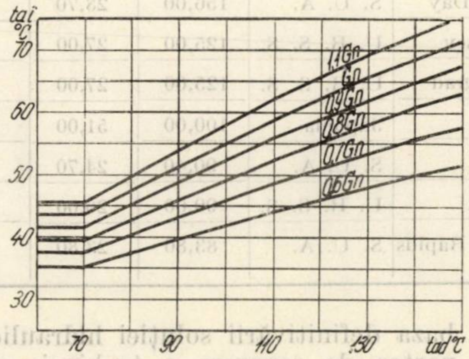


Fig. 8. Variația temperaturii apei la ieșirea din nodul termic.

Pentru operativitate, este obligatorie telemăsurarea din CET a principalilor parametri ai agentului termic în nodul termic al consumatorului, în primul rînd a temperaturii. Pînă la realizarea telemăsurării se poate utiliza o legătură radio directă.

Pentru distanțe între CET și consumator de circa 5 km și viteze ale agentului termic de 2—2,5 m/s, timpul de răspuns al sistemului este de circa 3—4 ore, care se consideră acceptabil pentru aplicarea unui astfel de reglaj.

Procedeul de reglaj arătat are avantajul că evită previziunea și aprecierile subiective, pe perioade mai mari de 3—4 ore, în stabilirea regimului termic, este ușor de realizat și face posibilă urmărirea mai fidelă a variațiilor necesarului de căldură. Primele rezultate ale aplicării, deocamdată fără telemăsurare, au arătat o îmbunătățire a alimentării cu căldură a serelor și o reducere a temperaturii apei pe întoarcere.

Concluzii

Serele legumicole constituie un mare consumator de căldură sub formă de apă fierbinte cu un grad ridicat de concentrare a consumului care se pretează bine alimentării prin termoficare.

Sarcina termică are variații mari, chiar în cursul unei zile, în directă dependență de condițiile climatice, lipsa de inerție termică a serelor impunînd ca livrarea căldurii să se facă în ritmul cererii orare. Datorită ponderii mari și particularităților specifice consumatorului trebuie să se studieze și să se aplice regimuri termice și hidraulice adecvate, acestea condiționînd continuitatea și economicitatea livrării. O abatere de numai un grad a temperaturii apei față de necesar conduce la lipsa sau vehicularea inutilă a unor mari cantități de căldură.

Se impune, deci, necesitatea de a cunoaște cît mai bine acest nou și important consumator de căldură, pentru ca alimentarea lui să se facă în condiții de deplină siguranță și economicitate maximă.

Bibliografie

[1] Stăncescu, I. D. *Bazele tehnice și economice ale termoficării.* Editura Tehnică, București, 1967.

[2] Statistică. *Stația Meteorologică Ploiești.*

[3] ISPE. *Studii și proiecte pentu sistemul de termoficare Ploiești.*

(Articol intrat in redacție la 22 februarie 1971)

Studiul comportării în exploatare a turbinelor de 178 MW din CHE Porțile de Fier, pe baza analizei măsurătorilor efectuate pe model

Ing. **Fl. Coste**, ing. **A. Anghel**,
ing. **Al. Mihailovici** și ing. **C. Rîșniță** *)

Centrala hidroelectrică din cadrul Sistemului hidroenergetic și de navigație de la Porțile de Fier este de tip fluvial, are puterea instalată de 2050 MW, producția medie de energie de 10 000 GWh/an și cuprinde 12 hidroagregate de tip Kaplan, montate cîte șase în cele două clădiri plasate pe malurile Dunării și legate între ele prin barajul deversor situat în albia majoră.

Din analiza datelor hidroenergetice ale Dunării în sectorul Porțile de Fier — sub aspectul variației căderilor, al debitelor și al frecvenței acestora — au rezultat parametrii ce au stat la baza alegerii soluției de echipare privind tipul și numărul de hidroagregate, și anume :

— puterea maximă $P_{max} = 178$ MW
— căderea de calcul $H_{calcul} = 27{,}16$ m
— diametrul rotorului $D = 9{,}50$ m
— turația nominală $n = 71{,}50$ rot/min.

Aceste elemente plasează turbinele Kaplan din Centrala hidroelectrică Porțile de Fier pe primul loc în lume din punctul de vedere al puterii pe agregat și printre cele mai mari sub aspect dimensional, fapt ce rezultă din tabelul 1.

La alegera soluției hidraulice privind partea de scurgere a turbinei — camera spirală, statorul și aparatul director, rotorul și tubul de aspirație — s-a urmărit realizarea unor randamente ridicate pentru întregul domeniu de căderi și încărcări la care urmează să fie exploatat hidroagregatul. În același timp s-a avut în vedere obținerea unor performanțe superioare din punct de vedere cavitațional, în sensul admiterii fenomenului în măsura în care acesta nu periclitează performanțele turbinei atît sub aspect energetic, cît și sub aspectele legate de durata sa de exploatare.

Din punctul de vedere funcțional și constructiv, turbina este de tipul Kaplan verticală, cu cameră spirală trapezoidală și tub de aspirație curb. Paletele rotorului, în număr de șase, sînt reglabile, acționate printr-un sistem de reglare exterior. În timpul funcționării se realizează un reglaj dublu, corelînd optim, în funcție de regimul de exploatare, deschiderile paletelor aparatului director cu cele ale rotorului.

Tabelul 1

Realizări mondiale ale turbinelor Kaplan

Centrala	Țara	Puterea unitară a turbinei, MW	Căderea de calcul, m	Turația, rot/min
Porțile de Fier	România	178,00	27,16	71,5
John Day	S. U. A.	156,00	28,70	—
Kuibîșev	U. R. S. S.	125,00	27,00	68,20
Volgograd	U. R. S. S.	125,00	27,00	68,20
Otori	Japonia	100,00	51,00	125,00
Dalles	S. U. A.	90,40	24,70	85,70
Irkuțk	U. R. S. S.	90,00	26,00	83,30
Priest Rapids	S. U. A.	83,80	23,80	85,70

La baza definitivării soluției hidraulice privind partea de scurgere a turbinei, care să conducă la performanțele energetice prezentate în tabelul 2, au stat modelele de turbine realizate și studiate în laboratoarele uzinale LMZ — U. R. S. S., precum și soluțiile privind partea de scurgere a unor turbine cu parametri apropiați realizate pe plan mondial.

Studiile preliminare de laborator au urmărit în primul rînd îmbunătățirea parametrilor modelului turbinelor de la Volgogard și Kuibîșev, ambele din U. R. S. S., în sensul plasării punctului optim de funcționare corespunzător datelor amenajării hidroelectrice de la Porțile de Fier.

Tabelul 2

Parametrii turbinei Kaplan din CHE Porțile de Fier

Denumirea parametrului	Simbol	Unitatea de măsură	Valoarea
Căderea maximă	H_{max}	m	35,46
Căderea de calcul	H_c	m	27,16
Căderea minimă	H_{min}	m	21,60
Puterea maximă	P_{max}	MW	178,00
Puterea minimă	P_{min}	MW	140,00
Turația	n	rot/min	71,50
Turația maximă de ambalare	na_{max}	rot/min	180,00
Randament maxim	max	%	94,00
Randament la puterea maximă	P_{max}	%	92,70
Înălțimea maximă de aspirație	H_s	m	−8,00

S-a impus în primul rînd mărirea capacității de înghițire a modelelor de referință și plasarea randamentelor maxime în zone ale debitelor superioare celor iniţiale, fapt ce s-a realizat acţionînd prin:

---

*) Autorii lucrează la Institutul de cercetări și proiectări pentru echipamente hidroenergetice și mașini de ridicat și transportat Reșița—Timișoara.

— mărirea unghiului de înfăşurare al camerei spirale la $\varphi = 225°$;

— micşorarea diametrului butucului, raportul $\frac{d}{D}$ fiind egal cu 0,43;

— adîncirea tubului de aspiraţie la $h = 2{,}7D$.

Influenţa acestor parametri, în direcţia măririi capacităţii de înghiţire şi a randamentului, a rezultat în baza unor încercări sistematice de laborator. Creşterea randamentului este influenţată cel mai mult de adîncirea tubului de aspiraţie, fapt ce rezultă şi din figurile 1 şi 2.

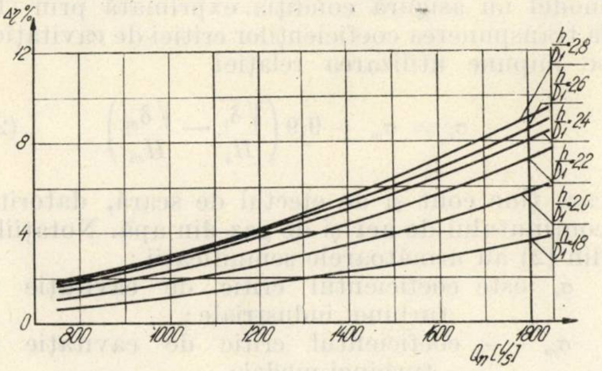


Fig. 1

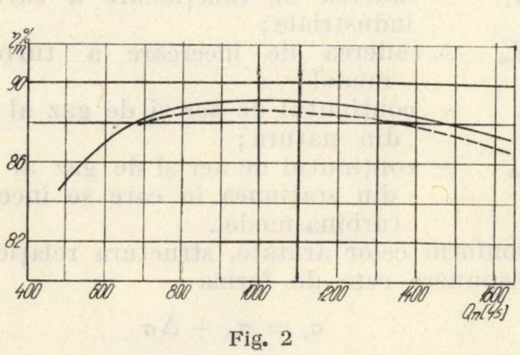


Fig. 2

Verificarea performanţelor turbinei pe baza încercărilor pe model

Determinarea celui mai important parametru energetic al turbinelor hidraulice, randamentul, şi a proprietăţilor cavitaţionale, caracterizate prin coeficientul critic de cavitaţie σ_{cr} pe bază de măsurători, reprezintă o problemă dificilă, cu un caracter complex în condiţii de laborator, dar mai ales atunci cînd măsurătorile se fac pe turbina industrială în condiţii normale de exploatare. La acestea se adaugă şi obligativitatea respectării gradului de precizie impus prin normele C. E. I. referitoare la măsurarea parametrilor funcţionali garantaţi.

Datorită tipului de centrală şi parametrilor hidroagregatelor (debite şi puteri foarte mari), determinarea randamentelor şi a coeficienţilor de cavitaţie la preciziile impuse de norme nu poate fi efectuată decît pe baza măsurătorilor pe model, motiv pentru care la baza determinării acestora au stat normele C. E. I., publicaţia 193, [8], [9].

O atenţie deosebită a fost acordată geometriei modelului, realizat în similitudine completă cu turbina industrială, precum şi aparaturii de măsură şi metodelor de etalonare. În figura 3 sînt prezentate curbele de garanţie ale turbinei-model şi ale celei industriale, obţinute pentru căderile cele mai frecvente de exploatare. Din analiza lor se constată o comportare bună a turbinei, în sensul menţinerii unor randamente ridicate pentru o gamă largă de încărcări.

Paralel cu încercările energetice au fost efectuate şi încercări de cavitaţie cu scopul de a stabili coeficienţii critici, σ_{cr}, şi, indirect, înălţimile maxime de aspiraţie admisibile, pe baza curbelor primare: $\eta = f(\sigma)$; $Q = f(\sigma)$; $m = f(\sigma)$.

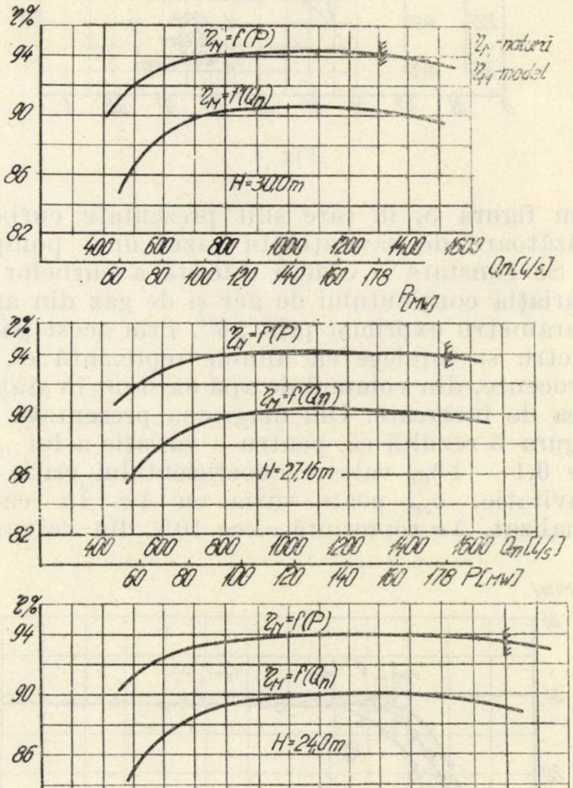


Fig. 3

Stabilirea cît mai corectă a coeficienţilor critici de cavitaţie σ_{cr} şi, prin urmare, a înălţimilor admisibile de aspiraţie, H_s, corespunzător regimurilor de exploatare a turbinelor la scară industrială, impune luarea în considerare, la încercările de cavitaţie pe model, a influenţei conţinutului de aer şi de gaz dizolvat în apă.

Cercetări recente de laborator — [1], [2], [3], [4], [5] — au arătat că asupra căderii curbelor primare de cavitaţie — $\eta = f(\sigma)$, $Q = f(\sigma)$ şi $m = f(\sigma)$ — atît în cazul turbinelor hidraulice, cît şi în cazul pompelor, o influenţă deosebită o are conţinutul de aer şi de gaz din apă. Această influenţă este ilustrată foarte bine în diagrama din figura 5, în care sînt prezentate curbele căzătoare de cavitaţie în cazul unei pompe. Se constată o cădere diferită a curbelor la variaţia conţinutului de aer şi de gaz din apă, parametru exprimat prin „δ". Prin acest parametru se înţelege cît anume reprezintă el, în procente, din volumul de apă existent în staţiunea de încercare. Din diagrama prezentată în figura 5 rezultă că, pentru o variaţie a lui „δ" de 0,1 — 1%, valoarea coeficientului critic de cavitaţie, σ_{cr}, poate varia cu $\Delta\sigma$. În cazul analizat, $\Delta\sigma$ reprezintă circa 10% din valoarea lui σ_{cr} stabilit pentru curba avînd parametrul $\delta = 1\%$.

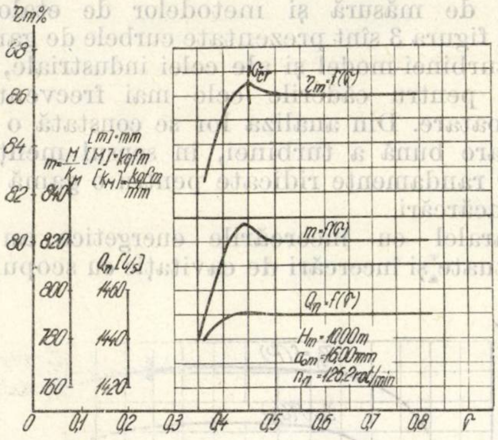


Fig. 4

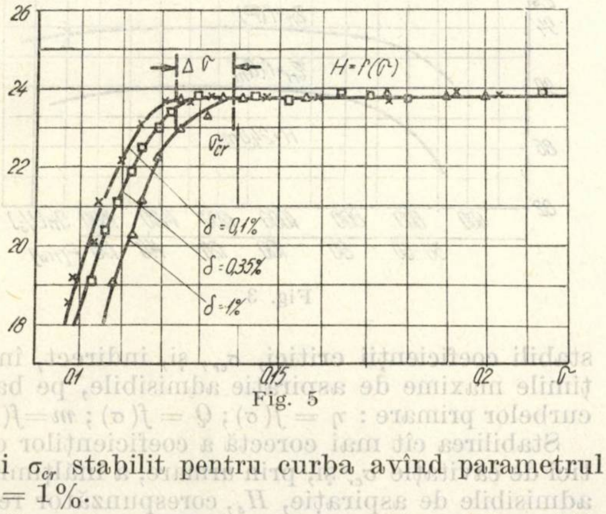


Fig. 5

Cercetări teoretice şi experimentale — [4], [5], [7], [9] — au arătat că apa, în condiţii normale, conţine în proporţie de 2—3% din volumul său aer şi gaz dizolvat, că acest conţinut de aer şi gaz influenţează diferit apariţia şi dezvoltarea fenomenului de cavitaţie în condiţii diferite de funcţionare a turbinelor hidraulice, motiv pentru care la transpunerea coeficienţilor critici, de la model la turbina industrială, parametrul „δ" trebuie luat în considerare.

Utilizarea relaţiei cunoscute, $\sigma_i = \sigma_m$, în cazul transpunerii coeficienţilor critici de cavitaţie, impune existenţa unui anumit raport între conţinutul de aer şi cel de gaz dizolvat în apă şi între căderile la care funcţionează turbina-model şi cea industrială. Acest raport este

$$\frac{\sqrt{\delta_m}}{H_m} = \frac{\sqrt{\delta_i}}{H_i} \tag{1}$$

Dacă încercările de cavitaţie ale turbinei-model nu asigură condiţia exprimată prin (1) la transpunerea coeficienţilor critici de cavitaţie, se impune utilizarea relaţiei

$$\sigma_i = \sigma_m + 9{,}9\left(\frac{\sqrt{\delta_i}}{H_i} - \frac{\sqrt{\delta_m}}{H_m}\right) \tag{2}$$

care ţine cont şi de efectul de scară, datorită conţinutului de aer şi de gaz din apă. Notaţiile din (2) au următoarele semnificaţii:

σ_i este coeficientul critic de cavitaţie a turbinei industriale;
σ_m — coeficientul critic de cavitaţie a turbinei-model;
H_i — căderea de funcţionare a turbinei industriale;
H_m — căderea de încercare a turbinei-model;
δ_i — conţinutul de aer şi de gaz al apei din natură;
δ_m — conţinutul de aer şi de gaz al apei din staţiunea în care se încearcă turbina-model.

Conform celor arătate, structura relaţiei de transpunere este de forma

$$\sigma_i = \sigma_m + \Delta\sigma \tag{3}$$

Corecţia $\Delta\sigma$ depinde, deci, de raportul căderilor de funcţionare a turbinei la scară industrială şi cea a turbinei-model şi de conţinutul de aer şi de gaz dizolvat în apă, valori ce rezultă şi din diagramele prezentate în figurile 6 şi 7.

Din motive economice, staţiunile de experimentare a turbinelor-model asigură de obicei căderi de încercare mai mici decît cele la care lucrează turbinele industriale, deci raporturi $\frac{H_i}{H_m}$ mari. În vederea măririi preciziei de determinare a coeficienţilor critici de cavitaţie şi a transpunerii cît mai fidele a fenomenului de cavitaţie de la model la turbina industrială se impune ca, la un raport $\frac{H_i}{H_m}$ rezultat din parametrii staţiunii de încercare, conţinutul de aer şi de gaz din apă, δ_m, să fie astfel ales pentru încercare, încît valoarea $\Delta\sigma$ să fie minimă. Din diagramele prezentate în figurile 6 şi 7 se constată că valorile pot fi neglijabile dacă pentru un raport $\frac{H_i}{H_m}$ dat conţinutul de aer şi de gaz dizolvat în apa din staţiunea de încercare, δ_m, se află într-un raport optim faţă de cel din natură, δ_i.

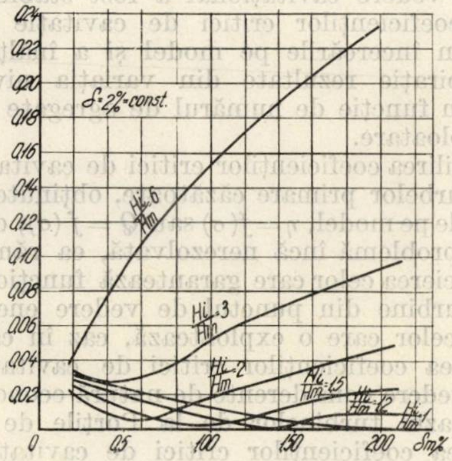


Fig. 6

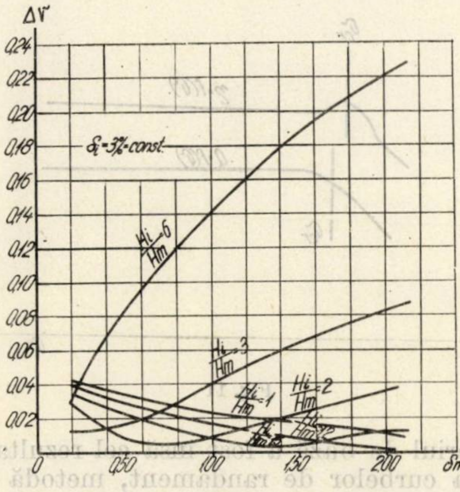


Fig. 7

Dacă staţiunea de încercare nu asigură aceste condiţii, valorile lui σ_m trebuie corectate cu $\Delta\sigma$.

În cazul turbinelor de 178 MW de la Porţile de Fier, pentru un raport al căderilor de $\frac{H_i}{H_m} = 2$, modelul a fost încercat cu un conţinut de aer şi de gaz în apă $\delta_m = 0{,}5\,\%$, fapt ce a permis ca transpunerea coeficienţilor de cavitaţie de la model la turbinele industriale să se facă pe baza relaţiei cunoscute

$$\sigma_i = \sigma_m. \tag{4}$$

Aceste condiţii de încercare menţinute pentru toate regimurile, precum şi metoda de transpunere utilizată (metodă diferită de cea practicată în mod uzual), au permis stabilirea corectă a înălţimilor de aspiraţie la turbina industrială şi, deci, evitarea regimurilor de exploatare periculoase din punct de vedere cavitaţional.

Soluţiile preconizate şi verificările experimentale efectuate conform celor prezentate mai înainte au permis elaborarea documentaţiei pentru turbina industrială şi realizarea acesteia de către L.M.Z. — U.R.S.S. şi U.C.M. Reşiţa.

În figura 8 este prezentată o fază de uzinare în cadrul U. C. M. Reşiţa a unei piese componente a celor trei turbine destinate centralei de pe malul românesc.

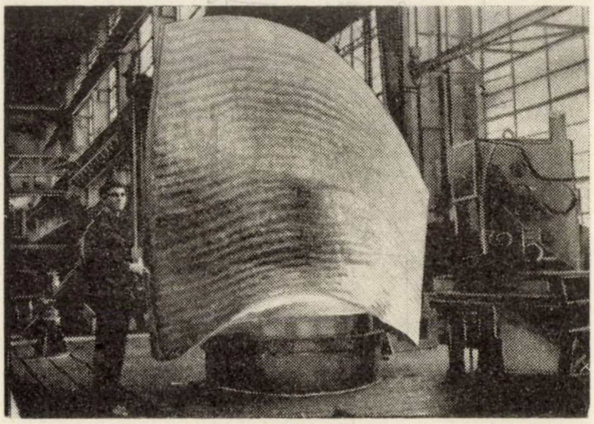


Fig. 8

Analiza funcţionării turbinelor în exploatare, din punctul de vedere energetic şi cavitaţional

Performanţele energetice ale unei centrale hidroelectrice depind de utilizarea raţională a agregatelor sale, funcţionînd în paralel, în condiţiile hidroenergetice date ale amenajării respective. Acestea cuprind parametrii energetici de natură hidraulică : debit, cădere, inclusiv modificările lor datorită unor situaţii apărute, debite de servitute, restricţii privitoare la nivelul amonte sau aval, caracterul exploatării.

În cazul centralei de la Porţile de Fier, unde posibilităţile de compensare sînt limitate (zilnic, eventual săptămînal) căderea este legată de debitul afluent.

Debitul instalat în centrală este repartizat celor 12 agregate. În acelaşi timp, debitele parţiale, potrivit unor combinaţii de funcţionare în paralel, se repartizează optim luînd în considerare limita de putere a agregatelor şi randamentul maxim. În exploatare se preferă randamente mari în punctele de funcţionare care apar cu frecvenţa ridicată.

Analiza acestei situaţii în cazul CHE Porţile de Fier decurge din înlănţuirea studiului frecvențelor de apariție a diferitelor condiții hidroenergetice cu cel al frecvențelor regimurilor de lucru ale turbinei.

Ținînd seamă de curba de frecvență a debitelor și de posibilitatea funcționării turbinei la același debit, dar la diferite combinații, se poate stabili frecvența de funcționare a turbinei la diferite debite. Din această analiză rezultă care debit și care combinație este cea mai frecventă.

Figura 9 indică, pentru cazul CHE Porțile de Fier, frecvențele cumulate relative, avînd ca parametru numărul de agregate în funcțiune.

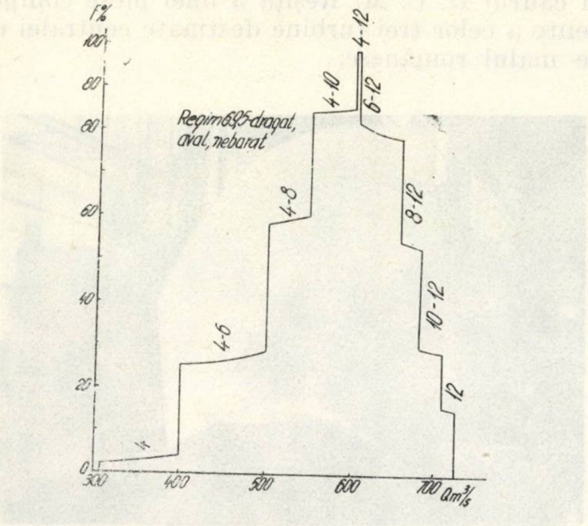


Fig. 9

Comportarea hidroagregatelor în centrală s-a stabilit suprapunînd diagrama $H = f(Q)$, obținută din combinarea funcționării în paralel a mai multor hidroagregate, calculată din datele amenajării, cu diagrama de exploatare a turbinei rezultată din măsurătorile energetice obținute la încercările pe model.

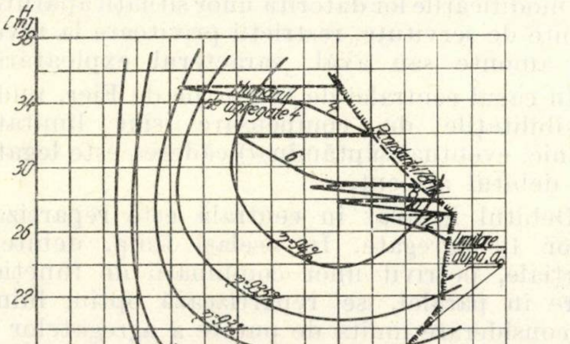


Fig. 10

Din analiza acestei diagrame se constată că randamente ridicate se obțin pentru o gamă largă de combinații ale agregatelor, funcționînd la încărcările și căderile cele mai frecvente.

Punctul optim de funcționare și curbele de egal randament maxim se plasează în centrul de frecvență, situație ce se deduce din analiza celor două diagrame prezentate mai sus.

Comportarea optimă a agregatelor din punctul de vedere cavitațional a fost stabilită pe baza coeficienților critici de cavitație rezultați din încercările pe model și a înălțimilor de aspirație rezultate din variația nivelelor aval, în funcție de numărul de agregate aflate în exploatare.

Stabilirea coeficienților critici de cavitație pe baza curbelor primare căzătoare, obținute la încercările pe model, $\eta = f(\sigma)$ sau $Q = f(\sigma)$, constituie o problemă încă nerezolvată, ea rămînînd la aprecierea celor care garantează funcționarea unei turbine din punctul de vedere energetic sau a celor care o exploatează, caz în care la stabilirea coeficienților critici de cavitație se au în vedere considerente de natură economică.

În cazul turbinelor de la Porțile de Fier, definirea coeficienților critici de cavitație s-a făcut luînd în considerare atît căderea curbelor de randament, cît și a celor de debit.

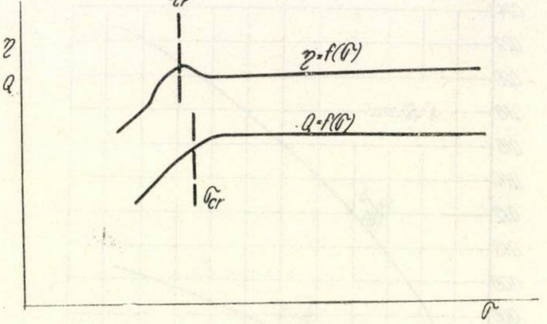


Fig. 11

Criteriul de bază a fost însă cel rezultat din căderea curbelor de randament, metodă practicată în majoritatea laboratoarelor specializate în astfel de măsurători.

Înălțimile maxime de aspirație ale turbinei s-au stabilit cu relația cunoscută

$$H_{ST} = A - \frac{\nabla}{900} - \sigma_{cr} H, \qquad (5)$$

în care

A este presiunea atmosferică;

$\frac{\nabla}{900}$ — cota de instalare a turbinei;

σ_{cr} — coeficientul critic de cavitație;

H — căderea.

Funcționarea optimă a turbinei din punctul de vedere cavitațional necesită delimitarea regimurilor de exploatare funcție de înălțimile admisibile de aspirație ale turbinei și de cele asigurate de amenajare, impunînd mereu condiția $H_{ST} > H_{Si}$. Înălțimile de aspirație ale amenajării (instalației), H_{Si}, au rezultat din variația nivelelor aval, ținînd cont de funcționarea în paralel a hidroagregatelor din centrală și de cota de instalare a turbinei.

În figura 12 sînt trasate, pentru căderea de calcul, în funcție de încărcare, variația înălțimii de aspirație, H_{ST}, a turbinei și cea a amenajării (instalației), H_{Si}, avînd ca parametru numărul de hidroagregate în funcțiune.

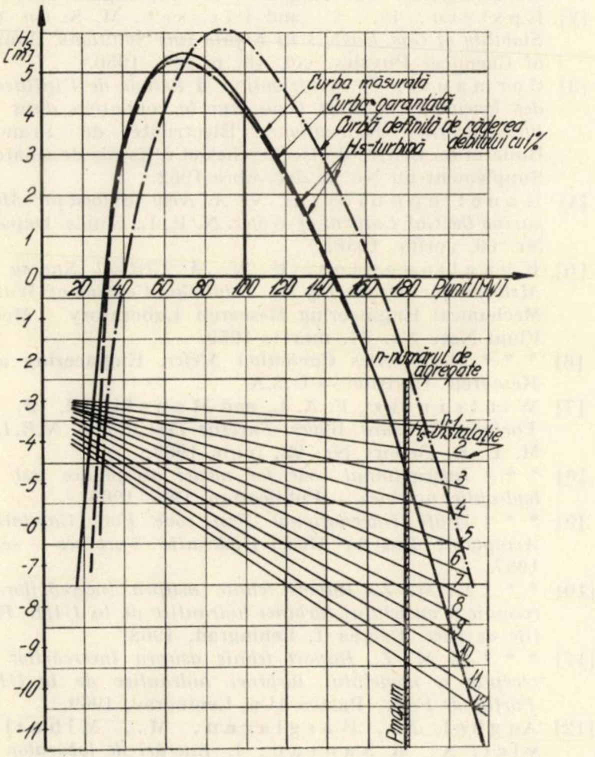


Fig. 12

Construind diagrame identice pentru cele mai frecvente căderi de exploatare ($H = 24$ m; $H = 30$ m; $H = 33$ m), s-a obținut pentru fiecare din ele domeniul recomandat de exploatare din punctul de vedere cavitațional, în funcție de numărul hidroagregatelor aflate în exploatare.

Înălțimile de aspirație rezultate pe baza variației nivelelor aval, considerînd cota de instalare a turbinei de 31,00 mdMA, permit, în conformitate cu diagramele din figurile 13, 14, 15 și 16, exploatarea agregatelor fără a rezulta restricții de încărcare pentru cele mai frecvente cazuri de utilizare.

Limitarea încărcării agregatelor apare în cazuri cu totul izolate (număr de agregate în funcțiune mai mic de trei).

Din analiza diagramelor prezentate rezultă o comportare bună, din punctul de vedere energetic și cavitațional, a turbinelor din CHE Porțile de Fier pentru cele mai frecvente cazuri de exploatare.

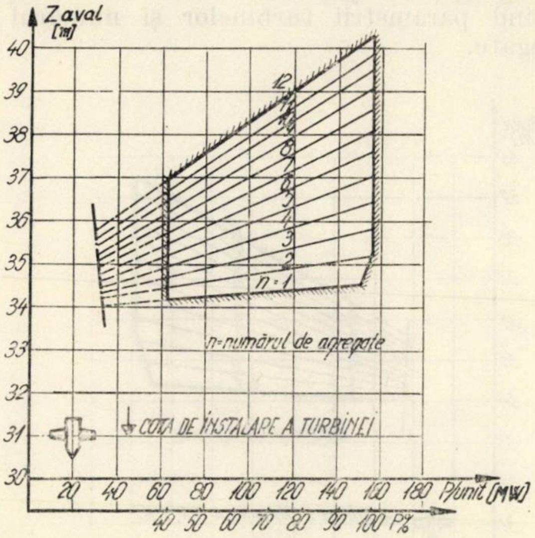


Fig 13

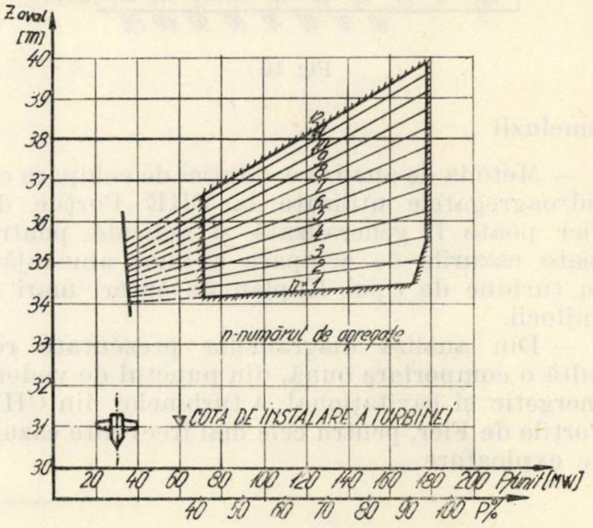


Fig. 14

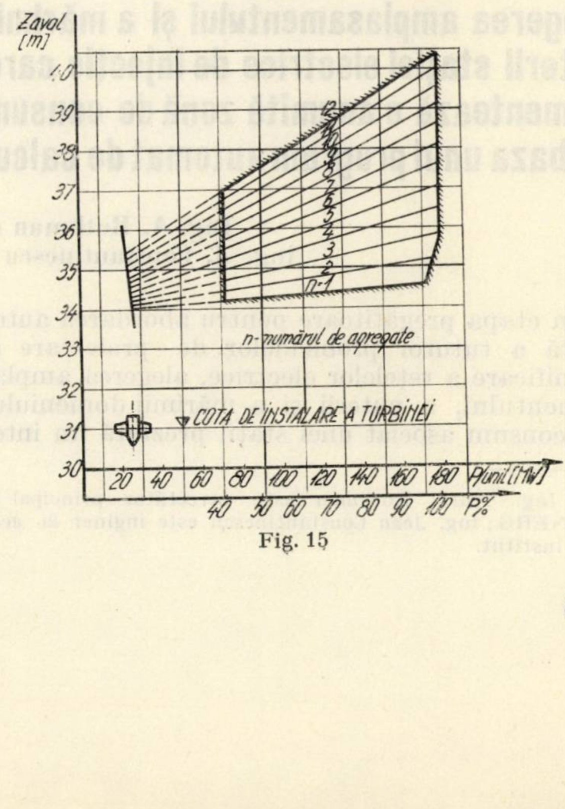


Fig. 15

Concordanța frecvențelor datelor hidroenergetice ale amenajării cu randamentele maxime ale agregatelor justifică modul de echipare privind parametrii turbinelor și numărul de agregate.

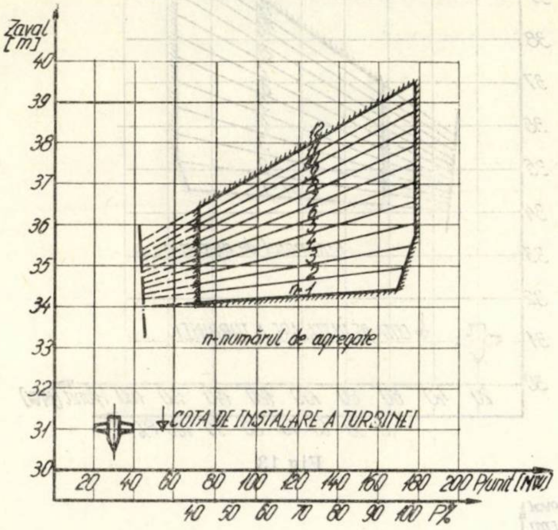


Fig. 16

Concluzii

— Metoda de analiză a soluției de echipare cu hidroagregatele utilizate la CHE Porțile de Fier poate fi generalizată și aplicată pentru toate cazurile de echipare a unor amenajări cu turbine de tipul Kaplan de puteri mari și mijlocii.

— Din analiza diagramelor prezentate rezultă o comportare bună, din punctul de vedere energetic și cavitațional, a turbinelor din CHE Porțile de Fier, pentru cele mai frecvente cazuri de exploatare.

— Modul de întocmire a diagramelor de exploatare ale turbinei permite stabilirea operativă, în funcție de condițiile hidroenergetice asigurate de amenajare, a regimurilor optime de exploatare din punctul de vedere energetic și cavitațional.

Bibliografie

[1] Chivers, T. C. *Effect of air content on advanced cavitations.* The Engineer, nr. 16, august 1968.

[2] Epstein, P. S. and Plesset, M. S. *On the Stability of Gas Bubbles in Liquid Gas Solutions.* Journ. of Chemical Physics, vol. 18, nr. 11, 1950.

[3] Cormault, P. *Contribution à l'étude de l'influence des teneurs en gas de l'eau, sur la cavitation dans les turbomachines hydrauliques.* Electricité de France; Bulletin du Centre de Recherches et d'Essais de Chaton, Supplément au No. 2, decembre 1962.

[4] Kanellopoulos, E. V. *A New Method for Measuring the Gas Content of Water.* N. E. L. Fluids Depart. Nr. 69, aprilie 1958.

[5] Kanellopoulos, E. V. *A Critical Survey of Methods for Measuring the Total Gas Content of Water.* Mechanical Engineering Research Laboratory — Mech. Fluid Note Nr. 77, martie 1959.

[6] * * * *Macrosonics Cavitation Meter.* Engineering and Research Division — U.S.A.

[7] Winternitz, F. A. L. and Mansfield, J. N. *Variable Pressure Water Turbine Test Rig. at. N.E.I.* — M. E. L. Report Nr. 92, iunie 1963.

[8] * * * *International code for model acceptance test of hydraulic turbines* — Publication 193—1965.

[9] * * * *Draft International Test code Fore Cavitation Acceptance Test for Model Hydraulic Turbines* — sept. 1967.

[10] * * * L. M. Z. *Raport tehnic asupra încercărilor de recepție a modelului turbinei hidraulice de la UHE Porțile de Fier.* Partea I, Leningrad, 1968.

[11] * * * L. M. Z. *Raport tehnic asupra încercărilor de recepție a modelului turbinei hidraulice de la UHE Porțile de Fier.* Partea II-a, Leningrad, 1969.

[12] Anghel A., Barglazan, M., Mihailovici, A. și Santau, I. *Lucrări de laborator de mecanica fluidelor și mașini hidraulice.* Editura I. P.T., 1965.

(Articol intrat în redacție la 25 ianuarie 1971)

Alegerea amplasamentului și a mărimii puterii stației electrice de injecție care alimentează o anumită zonă de consum pe baza unui program automat de calcul

Ing. **A. Rothman** și
ing. **J. Constantinescu** [*)]

În etapa pregătitoare pentru abordarea automată a tuturor problemelor de proiectare și planificare a rețelelor electrice, alegerea amplasamentului, a puterii și a mărimii domeniului de consum asociat unei stații prezintă un interes deosebit atît ca metodologie, cît și ca rezultate practice care pot fi obținute pe această cale.

Este clar pentru orice inginer electroenergetician că determinarea configurației unei rețele pentru alimentarea unei zone de consumație are drept prim obiectiv problema determinării numărului, a mărimii și amplasamentului stațiilor de transformare, a cărei rezolvare constituie probabil cea mai dificilă parte din proiectul de rețea. Fără îndoială, există un grad de aproximație, în considerarea numai a stațiilor de alimentare, fără a ține seama de rețelele de transport și de distribuție aferente fiecărei soluții. Totuși, o abordare geometrică a acestei probleme este foarte interesantă și poate constitui un real progres pe calea proiectării automate.

[*)] Ing. Aurel Rothman este cercetător principal la ICENERG; ing. Jean Constantinescu este inginer la același institut.

Logica alegerii unei configurații de puncte de injecție

Noțiunile folosite în expunerea care urmează au următoarele semnificații:

a) *zonă de consumație* — teritoriul pentru care, presupunînd cunoscute consumurile de energie și putere electrică ale diverșilor consumatori, se proiectează rețeaua electrică de distribuție;

b) *domeniu* — o suprafață din zona studiată, pe care sînt dispuși consumatori alimentați dintr-o singură stație de distribuție;

c) *careu elementar* — suprafața pătrată care rezultă în urma caroiajului zonei de consumație; dimensiunile careului se aleg în funcție de densitatea și dinamica consumatorilor aferenți și influențează precizia rezultatelor și numărul de variante de amplasamente pentru stații;

d) *pas elementar* — numărul de careuri considerate pe orizontală; determină dimensiunea orizontală a domeniilor.

Fiecărui careu elementar îi este asociat un consumator unic, plasat în centrul geometric al careului, a cărui sarcină va fi egală cu suma sarcinilor consumatorilor aferenți careului.

Se consideră că se obține o alimentare favorabilă a unui domeniu atunci sînt stația de distribuție se amplasează în centrul său de sarcină, iar acesta este cît mai apropiat de centrul geometric al domeniului.

Amplasamentele stațiilor se recalculează pentru fiecare an al perioadei de calcul, urmărindu-se tendința de deplasare a amplasamentului în raport cu poziția din primul an.

Puterea nominală a stației de distribuție se alege pe baza seriei discrete de puteri nominale ale transformatoarelor existente —10,

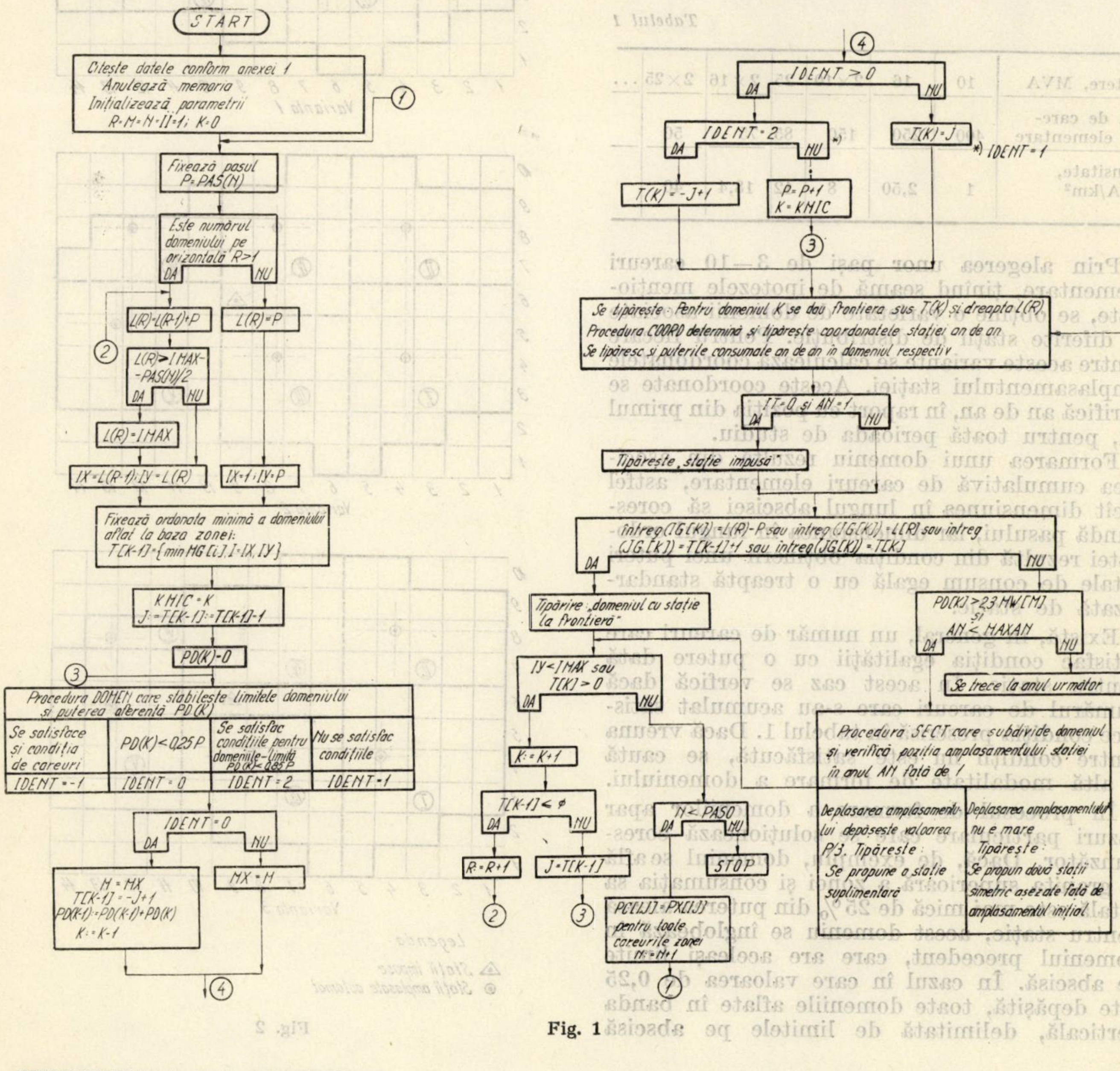

START
Citește datele conform anexei 1
Anulează memoria
Inițializează parametrii
R=M=N=II=1; K=0
1
Fixează pasul
P=PAS(N)
Este numărul domeniului pe orizontală R>1
DA
NU
L(R)=L(R-1)+P
L(R)=P
2
L(R)>IMAX-PAS(N)/2
L(R)=IMAX
IX=L(R-1);IY=L(R)
IX=1;IY=P
Fixează ordonata minimă a domeniului aflat la baza zonei:
T[K-1]={min MG[i],I=IX,IY}
KMIC=K
J:=T[K-1]:=T[K-1]-1
PD(K)-0
3
Procedura DOMEN care stabilește limitele domeniului și puterea aferentă PD(K)
Se satisface și condiția de careuri
PD(K)<0,25P
Se satisfac condițiile pentru domeniile-limită PD(K)<0,85P
Nu se satisfac condițiile
IDENT=-1
IDENT=0
IDENT=2
IDENT=1
IDENT=0
M=MX
T[K-1]=-J+1
PD(K-1)=PD(K-1)+PD(K)
K:=K-1
MX=M
4
IDENT>0
IDENT=2
*)
T(K)=J
*) IDENT=1
T(K)=-J+1
P=P+1
K=KMIC
Se tipărește: Pentru domeniul K se dau frontiera sus T(K) și dreapta L(R)
Procedura COORD determină și tipărește coordonatele stației an de an
Se tipăresc și puterile consumate an de an în domeniul respectiv
IT=0 și AN=1
Tipărește „stație impusă"
întreg(JG[K])=L(R)-P sau întreg(JG[K])=L[R] sau întreg(JG[k])=T[K-1]+1 sau întreg(JG[K])=T[K]
Tipărire „domeniul cu stație la frontieră"
PD[K]>23 MW[M] și AN<MAXAN
Se trece la anul următor
IY<IMAX sau T[K]>0
K:=K+1
T[K-1]<ϕ
R:=R+1
J=T[K-1]
N<PASO
STOP
PC[IJ]=PX[IJ] pentru toate careurile zonei
N:=N+1
Procedura SECT care subdivide domeniul și verifică poziția amplasamentului stației în anul AN față de 1
Deplasarea amplasamentului depășește valoarea P/3. Tipărește: Se propune o stație suplimentară
Deplasarea amplasamentului nu e mare. Tipărește: Se propun două stații simetric așezate față de amplasamentul inițial

Fig. 1

16, 20, 25 MVA — ținînd seama și de densitatea de sarcină din domeniul respectiv.

Au fost luate în considerare profiluri de stații cu unul sau două transformatoare din seria menționată.

În cazul în care transformatoarele alese pentru primul an al perioadei studiate nu corespund pentru toată perioada, se ia în considerare și posibilitatea alegerii, încă din primul an al perioadei, a tipului de transformator următor din scara puterilor normalizate.

Densitatea de consum din zonă se determină urmărind să existe o corespondență între numărul total de careuri elementare care formează domeniul și sarcina totală a domeniului. Cu alte cuvinte, dacă un anumit domeniu are o putere dată, numărul de careuri elementare nu trebuie să fie mai mic decît valorile indicate în tabelul 1.

Tabelul 1

Putere, MVA	10	16	2×10	25	2×16	2×25	...
Nr. de careuri elementare	400	250	150	85	75	50	
Densitate, kVA/km^2	1	2,50	8	12	18,4	40	

Prin alegerea unor pași de 3—10 careuri elementare, ținînd seamă de ipotezele menționate, se obține o varietate de domenii asociate la diferite stații de distribuție. Pentru fiecare dintre aceste variante se calculează coordonatele amplasamentului stației. Aceste coordonate se verifică an de an, în raport cu poziția din primul an, pentru toată perioada de studiu.

Formarea unui domeniu rezultă din asocierea cumulativă de careuri elementare, astfel încît dimensiunea în lungul abscisei să corespundă pasului, iar dimensiunea în lungul ordonatei rezultă din condiția obținerii unei puteri totale de consum egală cu o treaptă standardizată de stație.

Există, în general, un număr de careuri care satisfac condiția egalității cu o putere dată pentru stație. În acest caz se verifică dacă numărul de careuri care s-au acumulat satisface condiția prescrisă în tabelul 1. Dacă vreuna dintre condiții nu este satisfăcută, se caută o altă modalitate de formare a domeniului.

În procesul de formare a domeniilor apar cazuri particulare care se soluționează corespunzător. Dacă, de exemplu, domeniul se află la granița superioară a zonei și consumația sa totală este mai mică de 25% din puterea aleasă pentru stație, acest domeniu se înglobează în domeniul precedent, care are aceleași limite pe abscisă. În cazul în care valoarea de 0,25 este depășită, toate domeniile aflate în banda verticală, delimitată de limitele pe abscisă ale domeniului respectiv, se redimensionează, crescînd pasul la valoarea imediat următoare.

Dacă se constată că într-un anumit an al perioadei sarcina stației depășește profilul unei stații cu două transformatoare (un transformator fiind cu puterea nominală prevăzută inițial), se analizează modul în care variază în timp amplasamentul stației. Dacă deplasă-

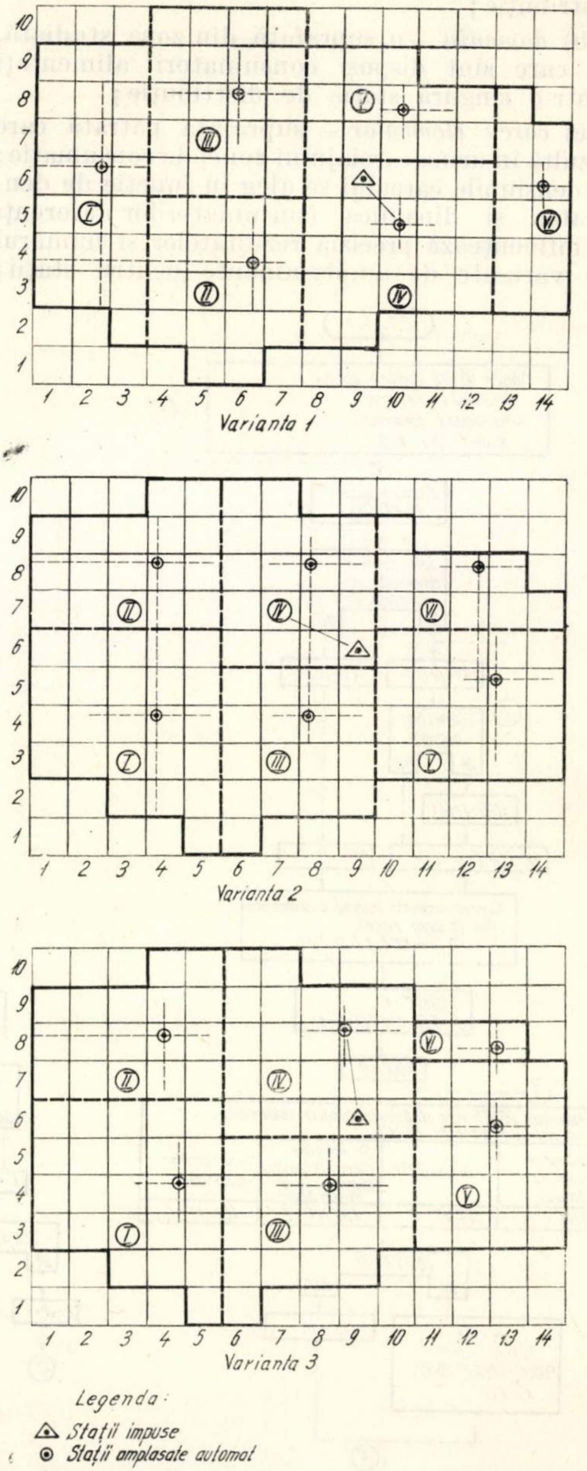


Fig. 2

rile sînt mai mari decît o anumită valoare impusă, se prescrie o nouă staţie amplasată astfel, încît să coincidă cu amplasamentul din ultimul an al perioadei. În caz contrar se prevede împărţirea domeniului în alte două domenii şi instalarea, încă din primul an, a două staţii simetrice în raport cu amplasamentul ales anterior. În situaţia în care staţia este în apropierea frontierei domeniului, se tipăreşte un mesaj special în vederea eventualei renunţări la varianta respectivă.

La deplasări relative mari şi neregulate ale amplasamentelor, impuse de apariţia în decursul perioadei de calcul a unor consumatori mari, proiectantul, pe baza rezultatelor tipărite, va putea alege poziţii corespunzătoare pentru staţiile de injecţie.

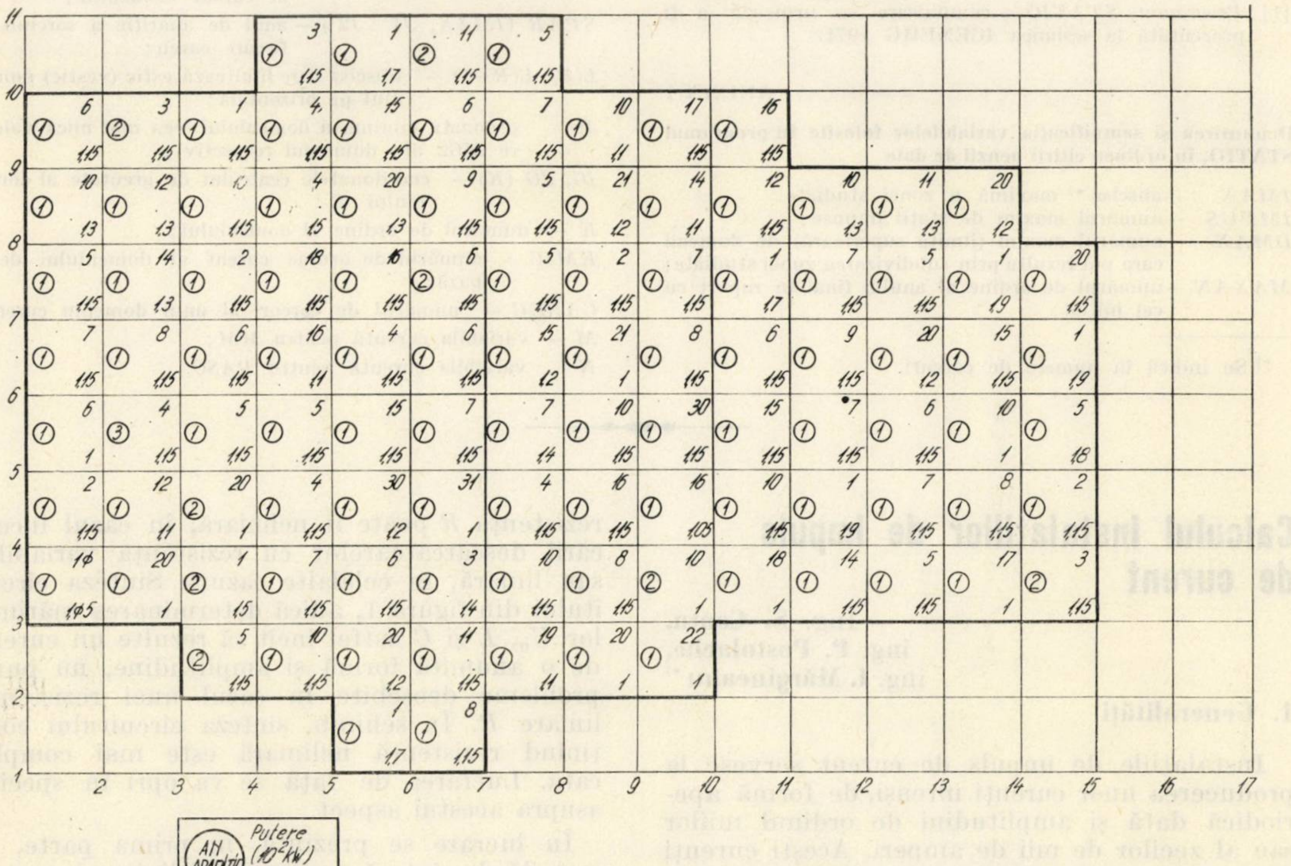


Fig. 3

Avantajele folosirii unui program de calcul pentru operaţia de formare a domeniilor, de alegere a amplasamentului staţiilor şi de verificare a încărcării în timp a fiecărei staţii constă în posibilitatea încercării unui mare număr de variante, renunţîndu-se imediat la variantele care nu satisfac criteriile fixate.

Logica programului ţine seama de faptul că în zona dată pot exista una sau mai multe staţii în funcţiune. În astfel de cazuri, dacă un anumit domeniu format prin subdiviziune cuprinde o staţie existentă, consumtorii se asociază acestei staţii.

Desigur că programul poate fi extins şi ameliorat pe măsură ce se experimentează diferite variante de amplasare.

Diagrama-bloc a programului este redată în figura 1, iar o serie de rezultate obţinute pentru o zonă de probă (fig. 3) sînt arătate în figura 2.

Variabilele folosite în programul scris în limbaj ALGOL pentru calculatorul Elliott 4120 sînt explicitate în anexa 1; ele permit atît înţelegerea diagramei-bloc din figura 1, cît şi a programului *STATIO* elaborat de ICENERG.

Concluzii

La ICENERG a fost elaborat un program care, pe baza dinamicii de consum dintr-o zonă dată pentru o anumită perioadă de studiu, permite să se determine variantele de amplasare a staţiilor de injecţie (110/20 kV) în reţeaua de distribuţie de medie tensiune.

În articol se explică logica și premisele care au stat la baza elaborării programului, se arată diagrama-bloc și rezultatele obținute pe un exemplu de probă.

Programul [1] este conceput ca un instrument care să permită alegerea mai multor variante de amplasare pentru stațiile de injecție, fără a ține seama de configurația rețelei.

Fiecare variantă de amplasare, completată cu variante de rețea, determină o configurație a rețelei de distribuție a cărei comparație tehnico-economică cu alte variante poate fi făcută pe baza unui alt program elaborat de ICENERG.

Bibliografie

[1] *Programul STATIO* — comunicare ce urmează a fi prezentată la sesiunea ICENERG 1971.

ANEXA 1

Denumirea și semnificația variabilelor folosite în programul STATIO, în ordinea citirii benzii de date

IMAX — abscisa *) maximă a zonei studiate :
IMPUS — numărul maxim de stații impuse ;
DMAX — numărul maxim (limita superioară) de domenii care pot rezulta prin subdivizarea zonei studiate ;
MAXAN — numărul de ordine al anului final în raport cu cel inițial ;
MM — numărul de variante pentru puterile stațiilor ;
PASO — numărul de variante de alegere a pașilor ;
JMAX — ordonată *) maximă a zonei studiate ;
PAS (PASO) — numărul de careuri pe orizontală, pentru fiecare variantă de alegere a pașilor ;
MW(MM) — puterea stației pentru fiecare variantă de alegere a unui standard de stație ;
CARE (MM) — numărul de careuri asociat unei stații-standard ;
$J_1 = MG1(IMAX)$, $J_2 = MG2\ (IMAX)$ } ordonatele curbelor (rectificate) care fixează limitele superioară și inferioară ale zonei ;
IS (IMPUS), *JS (IMPUS)* } — abscisa și ordonata stațiilor impuse ;
PC (IMAX, J1 :J2) = PX — sarcina careului elementar avînd coordonatele (*IX,IY*) ;
INDICE (IMAX, J1 :J2) — indicele de creștere a sarcinii în careul elementar ;
SPAR (IMAX, J1 : J2) — anul de apariție a sarcinii în fiecare careu ;
L(R), L(R—1) — abscisa care limitează estic (vestic) domeniul pe orizontală ;
JO — ordonata minimă a domeniului (cea mai mică valoare *MG*2 din domeniul respectiv) ;
IG, JG (K) — coordonatele centrului de greutate al domeniului *K* :
K — numărul de ordine al domeniului ;
KMIC — numărul de ordine curent al domeniului de la bază ;
CAREU — numărul de careuri al unui domeniu curent ;
M — variabila curentă pentru *MM* ;
N — variabila curentă pentru *PASO*.

---

*) Se indică în numere de careuri.

Calculul instalațiilor de impuls de curent

Ing. **S. Coatu**,
ing. **P. Postolache**,
ing. **I. Mărgineanu** *)

1. Generalități

Instalațiile de impuls de curent servesc la producerea unor curenți intenși, de formă aperiodică dată și amplitudini de ordinul miilor sau al zecilor de mii de amperi. Acești curenți de impuls se utilizează în laboratoarele de înaltă tensiune la determinarea caracteristicilor tensiune-curent ale rezistențelor neliniare ale descărcătoarelor cu rezistență variabilă și la etalonări de sonde feromagnetice. Instalații de impuls de curent se mai folosesc în fizica nucleară pentru producerea unor cîmpuri magnetice intense, precum și în domeniul prelucrărilor mecanice, pentru ambutisări prin efecte electrodinamice.

Circuitul principial care produce un impuls de curent este prezentat în figura 1, în care rezistența R poate fi neliniară, în cazul încercării descărcătoarelor cu rezistență variabilă, sau liniară, în celelalte cazuri. Sinteza circuitului din figura 1, adică determinarea mărimilor U_0, L și C astfel încît să rezulte un curent de o anumită formă și amplitudine, nu pune probleme deosebite în cazul unei rezistențe liniare R. În schimb, sinteza circuitului conținînd rezistență neliniară este mai complicată. Lucrarea de față se va opri în special asupra acestui aspect.

În lucrare se prezintă, în prima parte, o metodă de sinteză a circuitului liniar și se stabilesc o serie de curbe universale ale acestuia, care îl caracterizează din punctul de vedere al formei și al amplitudinii curentului produs. În continuare se consideră circuitul neliniar și se prezintă o metodă simplă de sinteză aproximativă, pentru cazul unei neliniarități de tipul celei prezentate de rezistențele descărcătoarelor cu rezistență variabilă. Pentru ușurarea exploatării circuitului neliniar, după sinteza sa pentru o anumită rezistență neliniară se stabilesc, pe baza teoriei similitudinii, o serie de relații ce permit găsirea rapidă a mărimilor U_0, L și C pentru alte valori ale rezistenței neliniare sau alte amplitudini ale curentului de impuls.

---

*) Ing. Sorin Coatu și ing. Petru Postolache sînt asistenți la Institutul politehnic București ; ing. I. Mărgineanu este șef de lucrări la Institutul politenic Brașov.

2. Circuitul liniar

Considerînd circuitul din figura 1, în care capacitatea C, încărcată la tensiunea U_0 de la o sursă de tensiune continuă, se descarcă de la momentul $t=0$, pe inductanța L și rezistența liniară R, se poate stabili ecuația

$$L\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}+Ri+\frac{1}{C}\int_0^t i\mathrm{d}t=U_0 \qquad (1)$$

Dacă în ecuația (1) se fac substituțiile

$$i=U_0\sqrt{\frac{C}{L}}\,i'\,; \quad t=\sqrt{LC}\,t' \qquad (2)$$

se obține o nouă formă, în mărimi adimensionale

$$\frac{\mathrm{d}i'}{\mathrm{d}t'}+2Ai'+\int_0^{t'} i'\mathrm{d}t'=1 \qquad (3)$$

în care

$$2A=R\sqrt{\frac{C}{L}}\geqslant 0 \qquad (4)$$

Soluția ecuației (3) este

$$i'(t')=\frac{1}{\sqrt{A^2-1}}\,\mathrm{e}^{-At'}\,sh\left(\sqrt{A^2-1}\,t'\right) \qquad (5)$$

Forma soluției (5) depinde doar de valoarea parametrului adimensional A. Deoarece relațiile (2) sînt liniare, soluția (5) a ecuației (3) va reprezenta, la alte scări, soluția ecuației (1).

Problema constă în obținerea, din circuitul din figura 1, a unui curent de impuls de forma prezentată în figura 2. Acest impuls este definit prin amplitudinea sa, i_m, și prin duratele convenționale ale frontului și spatelui, t_f, respectiv, t_s conform[1]. Pentru rezolvarea problemei s-au găsit soluțiile i' (t') ale ecuației (3), pentru diferite valori ale parametrului A. În figura 3 se prezintă o parte din soluțiile obținute prin modelarea ecuației (3) pe un calculator analogic. Din prelucrarea rezultatelor și considerîndu-se, acolo unde a fost cazul, doar prima oscilație, au fost obținute curbele universale din figura 4, care reprezintă variațiile mărimilor adimensionale t'_f, t'_s, t'_s/t_f și i'_m în funcție de parametrul adimensional A.

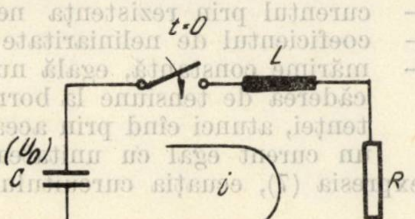


Fig. 1. Schema principială a circuitului de impuls de curent.

Modul de utilizare a curbelor universale se poate explica ușor prin următorul exemplu. Fie de sintetizat un circuit liniar de impuls

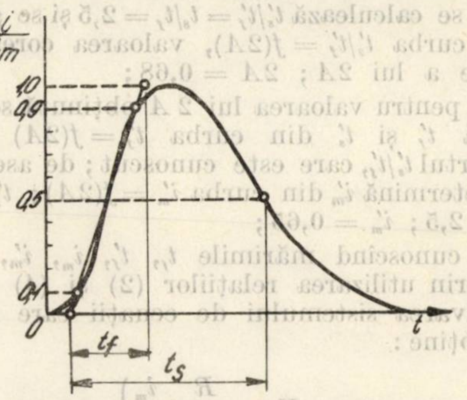


Fig. 2. Curentul de impuls normalizat.

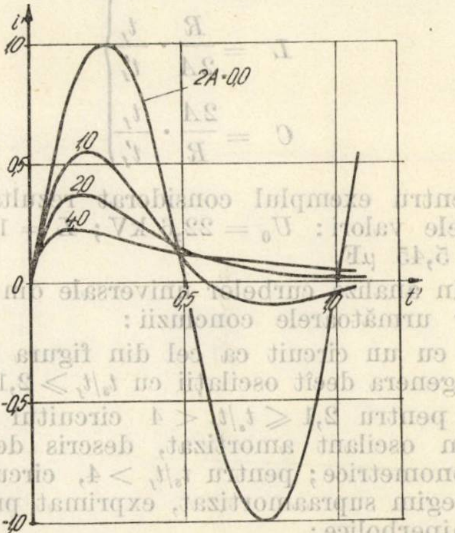


Fig. 3. Forma curentului i' (t'), în diferite regimuri ale circuitului.

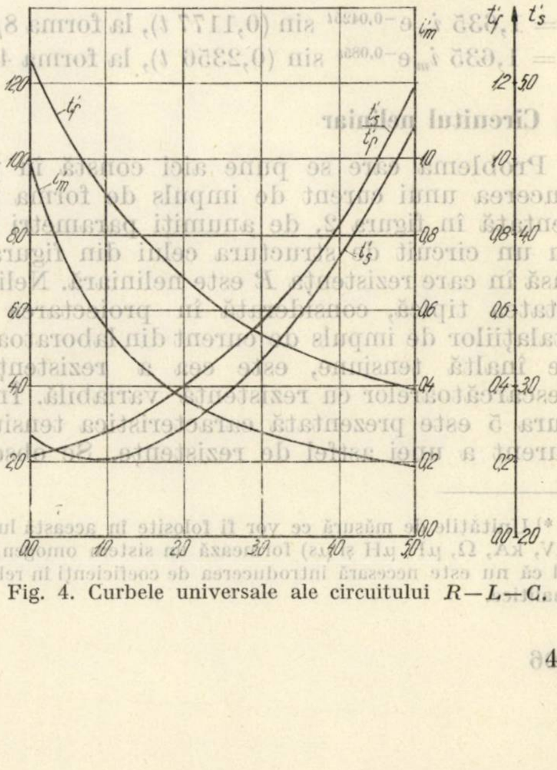


Fig. 4. Curbele universale ale circuitului $R-L-C$.

de curent, care să producă, printr-o rezistență $R = 1\Omega$, un curent de impuls avînd următoarele caracteristici *) : $t_f = 8 \mu s$; $t_s = 20\ \mu s$; $i_m = 10$ kA. Procedeul este următorul :

— se calculează $t'_s/t'_f = t_s/t_f = 2{,}5$ și se găsește, din curba $t'_s/t'_f = f(2A)$, valoarea corespunzătoare a lui $2A$; $2A = 0{,}68$;

— pentru valoarea lui $2\,A$ obținută se determină t'_f și t'_s din curba $t'_f = f(2A)$ și din raportul t'_s/t'_f, care este cunoscut ; de asemenea, se determină i'_m din curba $i'_m = f(2A)$; $t'_f = 1{,}0$; $t'_s = 2{,}5$; $i'_m = 0{,}65$;

— cunoscînd mărimile t_f, t'_f, i_m, i'_m, $2A$ și R, prin utilizarea relațiilor (2) și (4) și prin rezolvarea sistemului de ecuații care rezultă, se obține :

$$\left.\begin{aligned} U_0 &= \frac{R}{2A} \cdot \frac{i_m}{i'_m} \\ L &= \frac{R}{2A} \cdot \frac{t_f}{t'_f} \\ C &= \frac{2A}{R} \cdot \frac{t_f}{t'_f} \end{aligned}\right\} \qquad (6)$$

Pentru exemplul considerat rezultă următoarele valori : $U_0 = 22{,}6$ kV ; $L = 11{,}8\ \mu$H ; $C = 5{,}45\ \mu$F.

Din analiza curbelor universale din figura 4 apar următoarele concluzii :

— cu un circuit ca cel din figura 1 nu se pot genera decît oscilații cu $t_s/t_f \gg 2{,}1$;

— pentru $2{,}1 \leqslant t_s/t_f < 4$ circuitul are un regim oscilant amortizat, descris de funcții trigonometrice ; pentru $t_s/t_f > 4$, circuitul are un regim supraamortizat, exprimat prin funcții hiperbolice ;

— pentru curenții de impuls normați se obțin expresiile analitice :

$i = 1{,}635\ i_m \mathrm{e}^{-0{,}0425t} \sin(0{,}1177\ t)$, la forma 8/20 ;

$i = 1{,}635\ i_m \mathrm{e}^{-0{,}085t} \sin(0{,}2356\ t)$, la forma 4/10.

3. Circuitul neliniar

Problema care se pune aici constă în producerea unui curent de impuls de forma prezentată în figura 2, de anumiți parametri [1], cu un circuit de structura celui din figura 1, însă în care rezistența R este neliniară. Neliniaritatea tipică, considerată în proiectarea instalațiilor de impuls de curent din laboratoarele de înaltă tensiune, este cea a rezistențelor descărcătoarelor cu rezistență variabilă. În figura 5 este prezentată caracteristica tensiune-curent a unei astfel de rezistențe. Se observă existența unui histerezis, fapt ce implică dificultăți în sintetizarea unei soluții exacte a problemei.

În decursul timpului au fost elaborate mai multe metode de rezolvare a problemei, toate ducînd, însă, la soluții mai mult sau mai puțin apropiate de cea exactă. O primă metodă, prezentată în [2], face o liniarizare grosolană a caracteristicii reale, înlocuind rezistența neliniară prin valoarea ei statică, la valoarea i_m a curentului (fig. 5). În această metodă, care duce la un circuit liniar ușor de rezolvat, sinteza se face pentru un impuls de curent de formă diferită de cel dorit, formă rezultată din considerații practice (de exemplu, pentru obținerea unui curent de impuls real, de forma 10/20 μ s, sinteza se efectuează pentru o formă de 8/32 μs). O a doua metodă, propusă în [3], prevede aproximarea caracteristicii neliniare din figura 5 printr-o caracteristică tot neliniară, dar mai simplă, exprimată analitic printr-o relație cunoscută [6] :

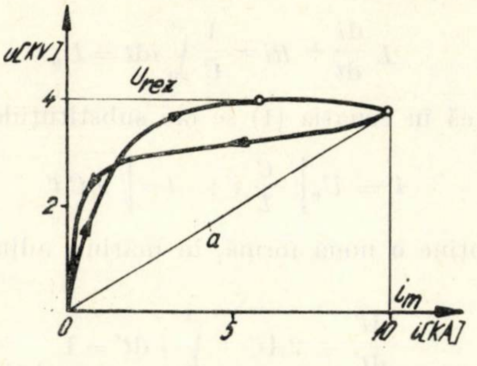


Fig. 5. Caracteristica tensiune-curent a rezistenței descărcătorului.

$$u_R = K i^{\alpha} \qquad (7)$$

în care

U_R este căderea de tensiune la bornele rezistenței neliniare ;

i — curentul prin rezistența neliniară ;

α — coeficientul de neliniaritate ;

K — mărime constantă, egală numeric cu căderea de tensiune la bornele rezistenței, atunci cînd prin aceasta trece un curent egal cu unitatea.

Cu expresia (7), ecuația curcuitului neliniar este

$$L\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} + Ki^{\alpha} + \frac{1}{C}\int i\,\mathrm{d}t = U_0 \qquad (8)$$

Rezolvarea acestei ecuații cu ajutorul unui calculator numeric implică un volum relativ mare de calcule, care nu se justifică nici măcar prin obținerea unei soluții exacte a problemei, datorită aproximației inițiale (7).

Metoda simplă de sinteză aproximativă pe care o propunem constă în înlocuirea carac-

---

*) Unitățile de măsură ce vor fi folosite în această lucrare (kV, kA, Ω, μF, μH și μs) formează un sistem omogen, astfel că nu este necesară introducerea de coeficienți în relațiile analitice.

teristicii neliniare a rezistenţei printr-o expresie de forma

$$u_R = a + bi \tag{9}$$

În acest mod, ecuaţia circuitului este

$$L\frac{di}{dt} + bi + \frac{1}{C}\int_0^t i\,dt = U_0 - a \tag{10}$$

care, cu substituţiile

$$i = (U_0 - a)\sqrt{\frac{C}{L}}\,i' \text{ şi } t = \sqrt{LC}\,t' \tag{11}$$

ia forma adimensională

$$\frac{di'}{dt'} + 2A_1 i' + \int_0^{t'} i'dt' = 1 \tag{12}$$

în care

$$2A_1 = b\sqrt{\frac{C}{L}}$$

Deoarece are aceeaşi formă cu ecuaţia (3), soluţia ecuaţiei (12) va fi dată de aceleaşi curbe universale, iar relaţiile pentru obţinerea mărimilor necunoscute ale schemei vor fi :

$$\left.\begin{aligned} U_0 &= a + \frac{i_m}{i'_m}\cdot\frac{b}{2A_1} \\ C &= \frac{2A_1}{b}\cdot\frac{t_f}{t'_f} \\ L &= \frac{b}{2A_1}\cdot\frac{t_f}{t'_f} \end{aligned}\right\} \tag{13}$$

Asupra modului de stabilire a valorilor mărimilor a şi b se va trata în paragraful ce prezintă datele de calcul.

4. Relaţiile de similitudine ale circuitului neliniar

O dată făcut calculul parametrilor instalaţiei, cu ajutorul metodei aproximative simple, prezentată în paragraful anterior, după realizarea efectivă a circuitului de impuls şi eventualele ajustări, astfel încît forma curentului să se încadreze în toleranţele admise de norme [1], se pune problema găsirii unor relaţii simple care să permită, la modificări ale rezistenţei neliniare sau ale amplitudinii curentului, determinarea rapidă a noilor parametri ai circuitului. În acest scop s-a folosit o metodă de similitudine a fenomenelor neliniare, care pleacă de la ipoteza că fenomenul electric din circuit este descris de ecuaţia (8). Relaţiile de similitudine, a căror prezentare detaliată este dată în anexă, conduc la următoarele relaţii între coeficienţii de scară m_x (prin $m_x = \frac{X_2}{X_1}$ se înţelege raportul valorilor mărimii fizice generalizate X, în două stări diferite ale circuitului, dintre care starea notată cu indicele 1 este luată ca stare de referinţă) :

$$\left.\begin{aligned} m_u &= m_i^{\alpha}\, m_k \\ m_C &= \frac{m_i^{1-\alpha}}{m_k} \\ m_L &= \frac{m_k}{m_i^{1-\alpha}} \end{aligned}\right\} \tag{14}$$

Relaţiie (14) permit determinarea valorilor mărimilor U_0, L şi C în starea 2 a circuitului, atunci cînd se cunosc valorile respective pentru starea 1. În figura 6 sînt reprezentate grafic relaţiile (14), funcţie de m_k şi avînd pe m_i ca parametru, pentru valoarea uzuală $\alpha = 0{,}16$ şi $m_i = 0{,}5\ldots 2$.

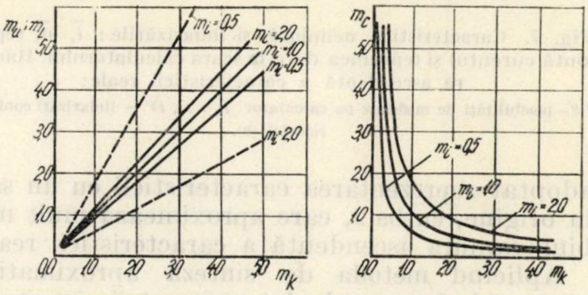


Fig. 6. Variaţiile coeficienţilor de scară :

- cu linie plină : $m_u = f(m_k)$
- cu linie întreruptă ; $m_L = (f m_k)$
- pentru $m_i = 1{,}0$, $m_u = m_L$

5. Rezultatele calculelor

Pentru ridicarea curbelor universale ale circuitului de impuls de curent s-a efectuat un studiu parametric al ecuaţiei integro-diferenţiale adimensionale (3), prin modelarea acesteia pe un calculator analogic MEDA 41 TA. Factorii de scară adoptaţi pentru transpunerea ecuaţiilor pe calculator au fost determinaţi de tensiunea maximă de referinţă a acestuia (±10 V), frecvenţa maximă admisă şi gama optimă de prescriere a coeficienţilor potenţiometrilor.

Pe acelaşi calculator s-a efectuat şi verificarea metodei de sinteză aproximativă a circuitului neliniar propusă. În acest scop, în blocul generator de funcţii neliniare al calculatorului s-a modelat caracteristica tensiune-curent a unui descărcător tip PBC -35, de fabricaţie sovietică. În figura 7 se prezintă ramura ascendentă a caracteristicii reale a descărcătorului, caracteristica modelată pe calculator şi cîteva variante de liniarizare a caracteristicii conform relaţiei (9).

Modelarea caracteristicii tensiune-curent în blocul neliniar, prevăzut cu diode polarizate, s-a efectuat prin liniarizarea acesteia pe porţiuni. Deoarece plaja de acțiune a fiecărei diode a blocului neliniar este de 1 V, fapt ce impune punctele de frîngere ale caracteristicii liniarizate, ar fi rezultat pentru partea inițială a caracteristicii liniarizarea grosolană indicată în figura 7 cu cifra 1. Din această cauză s-a adoptat reprezentarea caracteristicii cu un salt în origine, curba 2, care aproximează mult mai bine ramura ascendentă a caracteristicii reale.

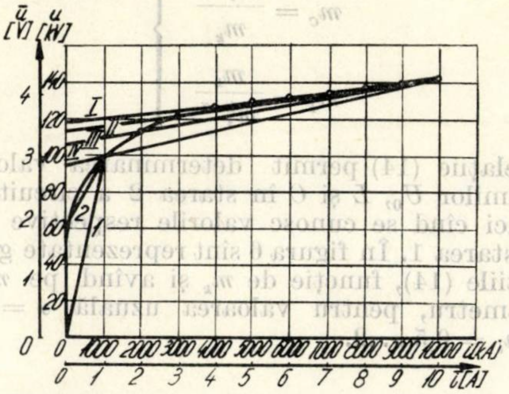


Fig. 7. Caracteristica neliniară și liniarizările : $\bar{i}$, $\bar{u}$, reprezintă curentul și tensiunea date la scara calculatorului. Ramura ascendentă a caracteristicii reale:

1,2 – posibilități de modelare pe calculator; *I*, . . . , *IV* – liniarizări conform relației (9).

Aplicînd metoda de sinteză aproximativă propusă la 3, s-au calculat parametrii circuitului pentru liniarizările I...IV ale caracteristicii reale. Soluțiile astfel obținute pentru U_0, L și C au fost introduse în calculatorul analogic drept coeficienți ai ecuației neliniare modelate (8) și s-a determinat forma curentului.

Schema-bloc de programare a calculatorului analogic pentru rezolvarea ecuației

$$L\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}+u_R(i)+\frac{1}{C}\int_0^t i\,\mathrm{d}t=U_0$$

este prezentată în figura 8.

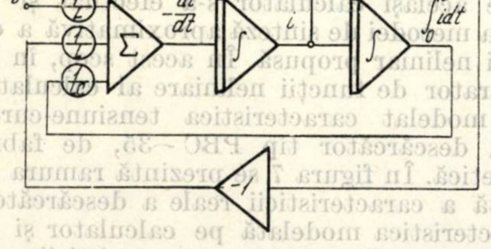


Fig. 8. Schema-bloc pentru modelarea circuitului neliniar.

În tabelul 1 sînt prezentate valorile lui U_0, L și C rezultate din metoda de sinteză aproximativă, în cazul liniarizărilor I..IV, și parametrii i_m, t_f și t_s ai curenților de impuls, rezultați la verificarea soluțiilor. Din analiza valorilor numerice se vede că în toate cazurile parametrii curentului de impuls se încadrează în toleranțele de ± 10% prevăzute de norme [1]. Evident, liniarizarea cea mai bună dintre cele prezentate este liniarizarea II.

Tabelul 1

Caracteristica de liniarizare	U_0 (kV)	L (μH)	C (μF)	t_s (μs)	t_f (μs)	i_m (kA)
I	177,5	31,2	2,1	7,9	19,7	9,9
III	182,5	35,9	1,8	7,9	19,7	10,0
III	191,3	44,1	1,5	8,3	19,7	9,8
IV	206,0	57,6	1,1	8,6	19,8	9,6

Concluzii

Cu ajutorul curbelor universale și al metodei de sinteză aproximativă, determinarea parametrilor unei instalații de impuls de curent se poate face fără dificultăți atît pentru cazul unei rezistențe liniare, cît și pentru cel al unei rezistențe neliniare, care prezintă o neliniaritate de tipul celei considerate.

Utilizarea relațiilor de similitudine permite un calcul rapid al parametrilor circuitului neliniar, la modificarea rezistenței neliniare, în limitele de aplicabilitate ale relației (7).

În ceea ce privește eventuala considerare a unei rezistențe liniare a circuitului, în afara celei neliniare, aceasta poate fi luată ușor în considerație atît în relațiile de similitudine, cît și în sinteza circuitului neliniar.

ANEXĂ

În aplicarea teoriei similitudinii la circuite neliniare, trebuie precizat de la început că se vor considera doar circuite cu același coeficient de neliniaritate (coeficientul α din relația (7) se consideră constant pentru toate rezistențele neliniare ce intră în discuție). Procesul neliniar din circuit este descris de funcția implicită

$$f(i,\ u,\ L,\ C,\ t,\ R_n)=0 \tag{15}$$

în care

$$R_n=f_1(i) \tag{16}$$

reprezintă neliniaritatea. Dacă pentru funcția $t_1(i)$ se consideră expresia

$$R_n=Ki^{\alpha-1},$$

atunci funcția (16) poate fi pusă sub forma implicită

$$f_2(R_n,\ i,\ K)=0. \tag{17}$$

Pentru ca fenomenele să fie similare în ambele stări ale circuitului, este necesar să se aplice teorema π atît ecuației

(15), cît şi ecuaţiei (17) [4]. Alegîndu-se drept mărimi fundamentale i, C, şi t, rezultă următoarele ecuaţii criteriale :

$$\varphi\,(\pi_u,\ \pi_L,\ \pi_{R_n}) = 0 \tag{18}$$

în care

$$\left.\begin{aligned}\pi_u &= \frac{u}{i\cdot t\cdot C^{-1}}\\ \pi_L &= \frac{L}{t^2\,C^{-1}}\\ \pi_{R_n} &= \frac{R_n}{tC^{-1}}\end{aligned}\right\} \tag{19}$$

şi

$$\Phi\,(\pi_{R_n},\ \pi_K) = 0 \tag{20}$$

în care

$$\pi_K = \frac{K}{i^{1-\alpha}\,C^{-1}\,t} \tag{21}$$

Explicitînd ecuaţiile (18) şi (20) funcţie de π_{R_n}, rezultă

$$\pi_{R_n} = \varphi_1(\pi_u,\ \pi_L) \tag{22}$$

$$\pi_{R_n} = \Phi_1\,(\pi_K) \tag{23}$$

Din relaţiile (22) şi (23) rezultă drept criterii determinante

$$\left.\begin{aligned}\pi_u &= \frac{u}{i\,t\,C^{-1}} = \text{idem}\\ \pi_L &= \frac{L}{t^2\,C^{-1}} = \text{idem}\\ \pi_K &= \frac{K}{i^{1-\alpha}\,C^{-1}\,t} = \text{idem}\end{aligned}\right\} \tag{24}$$

Conform (24), pentru ca fenomenele din cele două stări ale circuitului să fie similare, deci pentru ca curentul să-şi păstreze forma, este necesar ca între mărimile fizice corespunzătoare să existe relaţiile :

$$\left.\begin{aligned}\frac{u_1}{i_1\,t_1\,C_1^{-1}} &= \frac{u_2}{i_2 t_2 C_2^{-1}}\\ \frac{L_1}{t_1^2\,C_1^{-1}} &= \frac{L_2}{t_2^2\,C_2^{-1}}\\ \frac{K_1}{i_1^{1-\alpha}\,C_1^{-1}\,t_1} &= \frac{K_2}{i_2^{1-\alpha}\,C_2^{-1}\,t_2^{-1}}\end{aligned}\right\} \tag{25}$$

Din relaţiile (25) se obţin relaţiile (14) pentru coeficienţii de scară, dacă se ţine seamă de faptul că pentru păstrarea formei curentului de impuls este necesar ca $t_1 = t_2$, deci $m_t = 1$.

Bibliografie

[1] * * * STAS 6669—69. *Încercarea echipamentului electric la înaltă tensiune.*

[2] Ivanov, E. *Ustanovka dlea kombinirovannîh ispîtanii ventilnîh razriadnikov.* Trudî L. P. I., nr. 195, Leningrad, 1958.

[3] Monahan, T. F. *Calculation of the current in nonlinear surgecurrent — generator circuits.* Proc. I. E. E., 107 (1960), part. C., Nr. 12, sept. 1960, 288—291.

[4] Vasilescu, Al., A., *Analiza dimensională şi teoria similitudinii.* Editura Academiei R. S. R., Bucureşti, 1969.

[5] Hortopan, Gh., *Aparate electrice.* Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1967.

[6] Pticikin, P. N. şi Gutman, I. M. *Ventilnîe razriadniki.* G. E. I., Moscova, 1963.

(Articol intrat în redacţie la 25 februarie 1971)

Tubul cu capacitate mare de transfer al căldurii

Ing. A. Leca [*]

Generalităţi

Sub o formă sau alta, transferul de căldură este prezent în toate domeniile industriale. Cantitatea de căldură transmisă depinde însă, în mod hotărîtor, de diferenţa de temperatură existentă între sursa caldă şi sursa rece ; proprietăţile corpurilor şi fluidelor, geometria sistemului, natura mişcării etc. sînt adesea alţi factori limitativi în obţinerea unor fluxuri termice ridicate.

O metodă larg aplicată pentru transferul unui debit mare de căldură cu o cădere mică de temperatură constă în fierberea unui lichid, transportul vaporilor printr-o conductă şi condensarea lor la consumatorul de căldură. Funcţionarea continuă într-un ciclu este realizată, de regulă, prin returnarea condensatului la sursa de căldură prin pompare sau gravitaţie. De curînd această ultimă operaţie a fost realizată cu ajutorul unei structuri capilare corespunzătoare, care execută „pomparea" condensatului.

Avînd o funcţionare ciclică, independentă, care permite transferul de căldură, acest dispozitiv a fost propus pentru prima dată în 1964 de Grover şi colaboratorii [1] de la laboratoarele ştiinţifice din Los Alamos. Denumirea propusă pentru acesta a fost de „heat pipe", folosită în literatura tehnică engleză. Sub aceeaşi denumire el este cunoscut şi în lucrările germane [2], în timp ce în limba franceză s-a adoptat denumirea de „caloduc" [3]. Deoarece în literatura tehnică română nu s-a adoptat încă nici un termen pentru acest dispozitiv, în cele ce urmează, pentru referirile la acesta, se va folosi denumirea de „tub caloric". Funcţionarea sa foarte simplă, performanţele deosebit de ridicate şi faptul că nu necesită operaţii de întreţinere au făcut ca tubul caloric să formeze obiectul unor intense cercetări, cu aplicații în cele mai variate domenii de activitate (industrie, energetică, utilizări spațiale, medicină etc.).

---

[*] Ing. Aureliu Leca este şef de lucrări la Institutul politehnic Bucureşti.

Principiul de funcționare. Elemente constructive

Din punct de vedere constructiv, tubul caloric este alcătuit dintr-un înveliș exterior închis la ambele capete (fig. 1 *a*); pereții interiori sînt acoperiți cu o structură capilară (material poros), astfel încît partea centrală este goală. Înainte de etanșare structura capilară este saturată (îmbibată) cu un lichid volatil de lucru. Tubul este încălzit la o extremitate (vaporizator) și răcit la cealaltă (condensator).

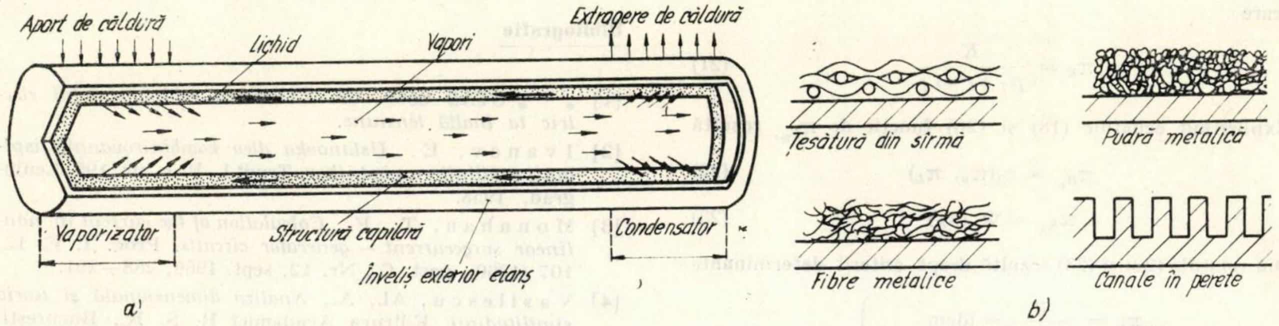

Aport de căldură
Lichid
Vapori
Extragere de căldură
Vaporizator
Structură capilară
Înveliș exterior etanș
Condensator
a)
Țesătură din sîrmă
Pudră metalică
Fibre metalice
Canale în perete
b)

Fig. 1 Elementele constructive ale tubului caloric:
a – secțiune prin tubul caloric; *b* – cîteva structuri capilare.

Funcționarea tubului caloric îmbină două fenomene cunoscute ale fizicii: vaporizarea-condensarea și efectul forțelor capilare. Primul fenomen determină transferul de energie termică prin tub, iar al doilea întoarcerea fluidului condensat la vaporizator.

Principiul de funcționare poate fi ușor explicat cu ajutorul schiței din figura 2. În regim constant de funcționare, temperatura de saturație a lichidului în vaporizator este menținută (cu ajutorul sursei exterioare de căldură) mai ridicată decît temperatura de saturație a lichidului în condensator. Diferența de presiune a vaporilor rezultantă, $p_1 - p_2 > 0$, asigură deplasarea vaporilor de la vaporizator spre condensator. Vaporizarea fluidului la extremitatea caldă tinde să golească de fluid structura capilară, producînd la interfața vapori-lichid un menisc cu raza de curbură, R_1, mult mai mică decît raza de curbură a suprafeței vapori-lichid din zona de condensare, R_2. La limită, R_1 tinde către raza porilor structurii capilare, iar R_2 către infinit (suprafață plană).

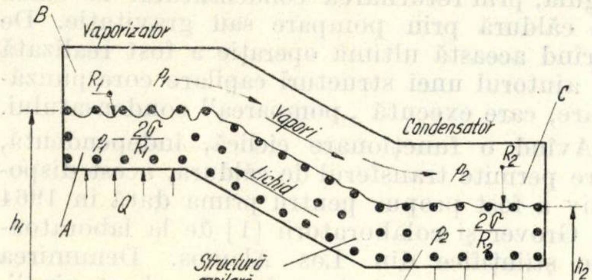

B
Vaporizator
R_1
p_1
Vapori
Condensator
C
$p_1 - \frac{2\sigma}{R_1}$
A
Q
h_1
Lichid
R_2
p_2
$p_2 - \frac{2\sigma}{R_2}$
Structură capilară
D
Q
h_2
Nivel de referință

Fig. 2. Principiul de funcționare a tubului caloric.

În general, din fizică se cunoaște [4] că forțele de tensiune superficială, care produc curbarea suprafețelor libere ale lichidelor în contact cu alte medii, produc și o diferență de presiune Δp între o parte și alta a meniscului, și anume:

$$\Delta p = p_{vap} - p_{lich} = \frac{2\sigma}{R_1}, \tag{1}$$

în care

p_{vap}, p_{lich} sînt presiunea vaporilor, respectiv a lichidului, N/m ^{2};
σ — tensiunea superficială, N/m;
R — raza de curbură a meniscului, m.

Cu ajutorul relației (1) se poate stabili presiunea lichidului în zona vaporizatoare

$$p_1 - \Delta p_1 = p_1 - \frac{2\sigma}{R_1},$$

respectiv în zona condensatoare

$$p_2 - \Delta p_2 = p_2 - \frac{2\sigma}{R_2}$$

Ținînd seama și de energia potențială, diferența de presiune care asigură curgerea lichidului prin structura capilară între condensator și vaporizator este

$$2\sigma\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) - (p_1 - p_2) - \rho g(h_1 - h_2) = \Delta p_l \tag{2}$$

în care

ρ reprezintă densitatea lichidului, kg/m^3;
g — accelerația gravitației, m/s ^{2};
h_1, h_2 — cotele suprafețelor lichidului față de un nivel de referință, m;

Δp_f — pierderea de presiune prin frecare în structura capilară, N/m ².

S-a arătat anterior că $R_1 \ll R_2$, iar $p_1 - p_2 > 0$; diferenţa $h_1 - h_2$ depinde de poziţia în spaţiu a tubului. În acest fel, membrul stîng al ecuaţiei (2) poate fi făcut pozitiv, alegînd dimensiunea porilor capilari suficient de mică şi o lungime convenabilă a tubului.

În figura 3, diagrama $T-s$ redă ciclul de lucru din tubul caloric (transformările au fost notate conform figurii 2): AB reprezintă creşterea de presiune la traversarea interfeţei lichid-vapori şi vaporizarea; BC — deplasarea vaporilor între extremitatea caldă şi cea rece a tubului; CD — condensarea şi descreşterea de presiune la traversarea interfeţei lichid-vapori; DA — circulaţia condensatului spre sursa caldă, prin structura capilară.

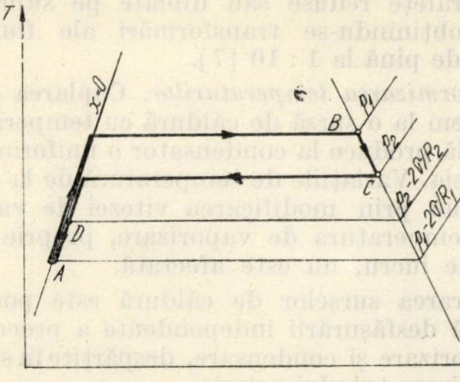


Fig. 3. Reprezentarea ciclului de lucru din tubul caloric în diagrama $T-S$.

Printre materialele folosite la confecţionarea tubului caloric sînt de menţionat următoarele: pentru învelişul exterior — materiale ceramice, cupru, nichel, oţel inoxidabil, tantal, aliaje de molibden şi de niobiu; pentru structura capilară — fibre de sticlă, metale poroase, tuburi ceramice poroase, ţesături din sîrmă, canale înguste tăiate în peretele învelişului exterior, foi metalice ondulate şi perforate (în figura 1 *b* se arată cîteva exemple de structuri capilare); fluide de lucru — apă, acetonă, amoniac, glicerină, săruri topite, cesiu, sodiu, potasiu, plumb, indiu, litiu, bismut şi argint. În tabelul 1 se indică unele materiale şi domenii de temperatură pentru tubul caloric [2], [5], iar în tabelul 2 proprietăţile unor fluide de lucru [6] (un bun fluid trebuie să posede o căldură latentă de vaporizare ridicată, o tensiune superficială mare şi o densitate mică).

Cantitatea de căldură transportată prin tubul caloric este reprezentată în primul rînd de căldura latentă de vaporizare a fluidului de lucru, absorbită la vaporizator şi cedată la condensator. Debitul maxim de căldură transferată (puterea termică maximă) se poate exprima [6] prin relaţia:

$$Q = \frac{\sigma S D_h r}{b \nu L} \quad [\mathrm{kJ/s}] \qquad (3)$$

în care

σ este tensiunea superficială a fluidului de lucru, N/m;

S — secţiunea liberă de curgere în structura capilară, m ²;

D_h — diametrul hidraulic al canalelor capilare, m;

r — căldura latentă de vaporizare a fluidului de lucru, kJ/kg;

b — constantă adimensională a geometriei structurii capilare; $b \approx 16$ pentru tuburi capilare cilindrice libere; $b \approx 20$ pentru structură capilară din reţea de sîrmă;

ν — viscozitatea cinematică a fluidului de lucru, m²/s;

L — lungimea structurii capilare, m.

Tabelul 1

Unele materiale şi domenii de temperatură pentru tubul caloric [2], [5]

Temperatura °C	Fluidul de lucru	Materialul mantalei	Materialul structurii capilare
350 – 700	Cs	Ti	Nb
400 – 800	K	Oţel	Oţel inox
500 – 900	Na	Oţel	Oţel
700 – 1100	Mg	Nb	Nb
900 – 1300	Li	Nb + 1 %Zr	Nb + 1 %Zr
1000 – 1400	Bi	Ta	Ta
1200 – 1600	Pb	Ta	Ta
1400 – 2100	In	Ta	Ta
1500 – 2200	Ag	Ta	Ta

Tabelul 2

Proprietăţile unor fluide de lucru [6]

Fluidul	Temperatura de topire °C	Temperatura de fierbere °C	Densitatea (la temperatura de topire) kg/m ²	Căldura latentă de vaporizare) kJ/kg	Tensiunea superficială (la temperatura de topire) N/m
Amoniac	−77	−33	684*)	1 370	$2{,}77.10^{-3}$*)
Apă	0	100	1 000	2 256	$11{,}52.10^{-3}$
Cesiu	29	705	1 794	612	$8{,}02.10^{-3}$
Potasiu	63	761	820	2 077	$15{,}46.10^{-3}$
Sodiu	98	884	930	4 210	$27{,}84.10^{-3}$
Litiu	179	1 316	510	19 630	$58{,}2.10^{-3}$
Plumb	327	1 717	10 500	859	$65{,}9.10^{-3}$
Indiu	156	2 087	7 000	1 963	$92{,}2.10^{-3}$
Argint	961	2 152	9 300	2 326	136.10^{-3}

*) La presiunea de 0,98 bar

În figura 4 se arată debitul teoretic maxim de căldură pentru un tub caloric cu diametrul de 2,5 cm și lungimea de 30 cm, avînd o structură capilară din țesătură din sîrmă [6].

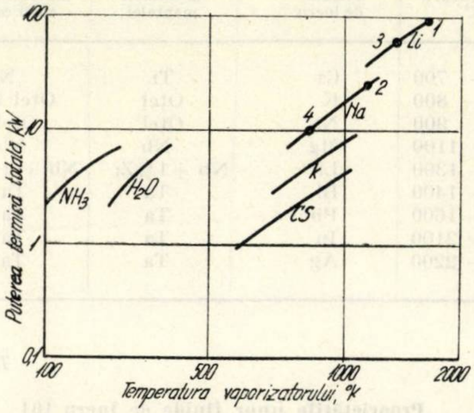


Fig. 4. Puterea termică teoretică maximă a unui tub caloric pentru diverse fluide, în funcție de temperatura vaporizatorului.

Caracteristici funcționale și limitări

Funcționarea tubului caloric are șase caracteristici principale :

Conductanță ridicată. Aceasta este proprietatea cea mai importantă a tubului caloric și se datorează transferului de energie sub formă de căldură latentă de vaporizare a fluidului. Pentru comparație, un tub caloric cu diametrul de 25 mm și lungimea de 70 cm poate transmite cu ușurință o putere termică de 11 kW ; un conductor de cupru de aceleași dimensiuni ar transfera această putere la o diferență de temperatură de aproximativ 40 000 grd, la care materialul s-ar volatiliza. Dacă însă acest conductor de cupru lucrează la aceeași cădere de temperatură ca și tubul caloric, ar trebui ales un bloc de 2,7 m diametru, cîntărind 40 t. În felul acesta conductivitatea termică echivalentă a tubului caloric este de aproximativ $10^2 \ldots 10^3$ ori mai mare decît conductivitatea metalelor.

Funcționare izotermă. Teoretic, presiunea fiind constantă în lungul tubului caloric, acesta funcționează la o singură temperatură (determinată de alegerea fluidului și de presiunea de lucru) — temperatura de saturație din vaporizator și condensator. În realitate apare o cădere redusă de temperatură, datorită existenței unui mic gradient de presiune care produce deplasarea vaporilor și unor gradienți de temperatură prin pereți datorită conducției căldurii la extremitatea caldă și la cea rece. Pentru același tub caloric din figura 4, în figura 5 este arătată, pentru cîteva fluide de lucru, căderea de temperatură ΔT în funcție de puterea termică. Se observă că o cădere de temperatură, de exemplu, de 1 grd poate transporta o putere de aproape 100 kW. S-a stabilit că gradienții de temperatură nu depășesc, în general, valori de 0,05...0,1 grd/cm [1], [6].

Funcționarea practic izotermă imprimă dispozitivului caracteristici exergetice remarcabile, rezultate din pierderi reduse la deprecierea căldurii și din absența oricărei piese în mișcare. Se apreciază că randamentul energetic depășește valori de 90%.

Transformator de flux termic. Procesele de vaporizare și de condensare sînt independente unul față de celălalt ; pe de altă parte, schimbul de căldură, la extremitățile tubului caloric, cu sursele exterioare de căldură, se poate face prin conducție, convecție sau radiație. Aceste elemente permit adaptarea unei surse de căldură la un consumator termic, între care există diferențe ale valorii fluxului termic, prin alegerea unei suprafețe corespunzătoare de schimb de căldură. În felul acesta tubul caloric poate extrage sau ceda debite de căldură concentrate pe suprafețe reduse sau diluate pe suprafețe mari, obținîndu-se transformări ale fluxului termic de pînă la 1 : 10 [7].

Uniformizarea temperaturilor. Cuplarea acestui sistem la o sursă de căldură cu temperatură variabilă produce la condensator o uniformizare a acesteia. Variațiile de temperatură de la sursă se traduc prin modificarea vitezei de vaporizare ; temperatura de vaporizare, proprie fluidului de lucru, nu este afectată.

Separarea surselor de căldură este posibilă datorită desfășurării independente a proceselor de vaporizare și condensare, despărțite în spațiu de lungimea tubului caloric.

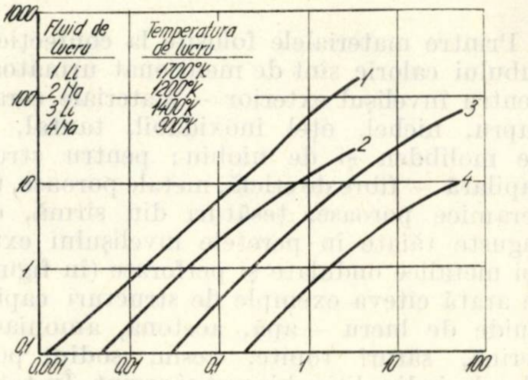


Fig. 5. Puterea termică a tubului caloric în funcție de căderea de temperatură a fluidului de lucru ; punctele 1, 2, 3, 4 corespund notațiilor respective din figura 4.

Temperatura și puterea de ieșire constante. Prin însuși principiul de funcționare, acest sistem poate menține cvasi-constanți parametrii de ieșire. Pentru variații de la 1 la 10 ale puterii de intrare, s-au măsurat variații la ieșire de 1% [3]. Ca atare, tubul caloric nu necesită un sistem exterior de control, fiind caracterizat printr-o inerție termică deosebită.

Factorii care limitează funcționarea tubului caloric sînt, în esență, următorii:

Puterea totală maximă. Acest factor se referă la concordanța dintre capacitatea de pompaj a structurii capilare și debitul de fluid vaporizat la sursa caldă. În cazul în care această capacitate este insuficientă, temperatura vaporizatorului crește mult, producîndu-se deteriorarea lui.

Fluxul termic critic. Transferul de căldură în vaporizator este similar fenomenului de fierbere la subrăcire sau la saturație din instalațiile convenționale [8]. La creșterea fluxului termic se trece de la regimul de fierbere nucleic la regimul de fierbere în film; fluxul critic apare atunci cînd forțele capilare nu mai sînt suficiente pentru a menține udată majoritatea suprafeței de încălzire [9]. Filmul de vapori are un efect termic rezistiv, conducînd la creșterea temperaturii peretelui vaporizatorului și la topirea acestuia (fenomenul de burnout). S-a stabilit că limita superioară a condițiilor normale de funcționare depinde de valoarea fluxului critic și de dimensiunea particulelor structurii capilare; un interes particular îl prezintă raportul optim între secțiunile de curgere pentru lichid și vapori.

Temperaturile extreme ale fluidului. Din cele prezentate mai sus apare evidentă dependența dintre temperatura de lucru, viteza de vaporizare și presiunea vaporilor. Pentru un fluid dat, există o temperatură minimă sub care viteza de vaporizare devine insuficientă pentru o funcționare corectă; există, de asemenea, o temperatură maximă care stabilește o presiune a vaporilor, peste care securitatea învelișului exterior nu mai este asigurată. La temperaturi normale de funcționare, presiunea internă este cuprinsă între 0,03 și 10 bar.

Funcționarea într-un cîmp de forțe. Încă de la crearea tubului caloric, cercetătorii nu au exclus folosirea lui în cîmpuri de forțe diferite ca intensitate și natură (gravitație, cîmp magnetic, imponderabilitate) [1], [10], [11]. Apariția unui cîmp de forțe are drept rezultat reducerea efectului tensiunii superficiale și micșorarea capacității de pompaj a structurii capilare. Efectul forțelor exterioare depinde de fluid și de poziția dispozitivului; astfel, un tub caloric cu litiu, la funcționare verticală dezvoltă o putere cu 10% mai mică decît în poziție orizontală; pentru mercur, raportul acestor două puteri este mai mare decît 1.

Direcții de utilizare

Cu experiența acumulată pînă acum, tubul caloric se poate construi pentru orice configurație și geometrie, pentru o varietate largă de puteri și lungimi. Intervalul de temperatură în care acest dispozitiv poate funcționa este actualmente de –200...+2 000°C, iar durata de viață depășește 10 000 ore de funcționare.

Cercetările spațiale au reprezentat prima direcție de utilizare a tubului caloric. Acesta satisface în bune condiții restricțiile de greutate și gabarit reduse și de transfer eficient de căldură. De obicei, în cadrul sistemelor extraterestre tubul caloric realizează legătura între ciclul Rankine și sursele de căldură (drept sursă rece servește mediul înconjurător, în care căldura este evacuată prin radiație). Funcționarea în condiții de imponderabilitate particularizează relația (2), prin condiția $g = 0$.

Tubul caloric a căpătat aplicații deosebite în electronică (de exemplu, pentru răcirea redresoarelor și a diodelor de putere) și în transformarea directă a energiei (de exemplu, în cadrul generatoarelor termoionice sau pentru utilizarea căldurii produse de izotopii radioactivi).

Proprietățile remarcabile ale tubului caloric au condus la întocmirea de studii și proiecte privind folosirea sa pentru răcirea zonei active a reactoarelor nucleare destinate energeticii, aplicațiilor spațiale sau transportului aerian.

Preocupări actuale se îndreaptă către crearea unui tub caloric reglabil, avînd o conductanță termică variabilă. Se apreciază că acest lucru poate fi realizat prin mai multe metode: controlul debitului de vapori prin tub, discontinuități în structura capilară sau utilizarea unor adaosuri de gaze cu solubilitate foarte redusă, care reduc suprafața de condensare.

Ca alte aplicații, se citează: supravegherea temperaturii proceselor industriale, încălzirea uniformă a materialelor pentru eliminarea tensiunilor termice interne, răcirea bobinajelor, a mașinilor și a aparatelor electrice, încălzirea bateriilor electrice cu plumb ale autovehiculelor la funcționarea la temperaturi reduse, controlul temperaturii preparatelor medicale etc.

Bibliografie

[1] Grover, G. M., Cotter, T. P. și Erickson, G. F. *Structures of Very High Thermal Conductance.* Journal of Applied Physics, vol. 35, No. 6, June 1964, p. 1990–1991.

[2] Bloss, W. *Elektronische Energiewandler.* Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft MBH, Stuttgart, 1968.

[3] Feretti, M. *Le caloduc.* L'Usine Nouvelle 26, (1970), nr. 20, p. 137–139.

[4] Țițeica, R. și Stănescu, N. *Fizica,* vol. I. Editura tehnică, București, 1957.

[5] Grover, G. M. *Thermoionic Electr. Power Generation.* London, 1965.

[6] Feldman, K. T. and Whiting, G. H. *The Heat Pipe.* Mechanical Engineering 89 (1967), nr. 2, p. 30–33.

[7] * * * *Discussion on Heat Pipe Principles.* Radio Corporation of America, Direct Energy Conversion Department, Lancester, Pa.

[8] Tong, L. S. *Boiling Heat Transfer and Two-Phase Flow.* 2nd Ed., John Wiley, New York, 1966.

[9] Ferrel, J. K. și Johnson, H. R. *A study of the operating characteristics of the Heat Pipe.* ORO–3411–12, Apr. 1969.

[10] Deverall, J. E. și Kemme, J. E. *Satellite Heat Pipe.* LA–3278–MS, Jan. 1965.

[11] Carlson, G. A. și Hoffman, M. A. *Effect of magnetic fields on heat pipes.* UCRL–72060, Dec.1969.

(Articol intrat in redacție la 3 martie 1971)

Contribuţii la calculul reţelelor stocastice

Dr. ing. A. Măcriş*)

1. Generalităţi

Fenomenele de aşteptare [1] apar în procesele de producţie în mai multe puncte, oriunde există o staţie de servire fixă (de exemplu, un strung) sau mobilă (mecanisme de întreţinere) şi clienţi care au nevoie să fie deserviţi de aceste staţii (piese ce urmează a fi prelucrate la strung sau strunguri ce aşteaptă a fi depanate de mecanisme de întreţinere).

În numeroase cazuri aceste puncte sînt legate între ele, alcătuind o reţea, cu fenomene de aşteptare în noduri. De exemplu, într-un atelier de prelucrări mecanice al unui şantier de construcţii-montaje, piesele trec într-o anumită ordine pe la diferite maşini-unelte. Piesele nefiind de acelaşi tip (nu este o producţie de serie), trecerile de la un sistem la altul se fac probabilistic.

În mod statistic se pot stabili probabilităţile de trecere de la un sistem la altul.

Dacă ne interesează studiul acestor fenomene, numite reţele stocastice [2], este necesar să rezolvăm fiecare sistem prin care trec clienţii urmăriţi în vederea stabilirii parametrilor (timp de aşteptare, lungimea şirului, numărul de piese în şir etc.). În unele cazuri nu ne interesează, în prima fază, rezolvarea fiecărui sistem, ci numai sistemul final (numărul de ieşiri pe unitatea de timp).

În aceste situaţii, autorul propune o metodă bazată pe teoria grafelor de fluenţă, care permite abordarea oricărui sistem din reţeaua stocastică în mod singular.

Teoria grafelor de fluenţă nu este redată în acest articol, fiind tratată în lucrări devenite clasice [3].

În cele ce urmează se arată pe scurt aspectul matematic al reţelelor stocastice, apoi se trece la rezolvarea sistemelor din reţea cu ajutorul grafelor de fluenţă.

La sfîrşit se dă un exemplu referitor la atelierele mecanice de confecţie, sectoare importante ale şantierelor de construcţii şi montaje de centrale electrice.

Există numeroase cazuri în care unităţile trebuie să treacă succesiv prin mai multe sisteme de aşteptare. Aceste sisteme formează o reţea cu o configuraţie mai simplă sau mai complicată, caracterizată, pe de o parte, prin structura ei, adică prin legăturile dintre diferite sisteme componente, iar pe de altă parte prin natura sistemelor de aşteptare.

Anumite reţele pot fi rezolvate destul de simplu. Este vorba în primul rînd de reţelele în care şirurile de aşteptare au lungimea nelimitată, precum şi de timpul de aşteptare.

Reţelele stocastice liniare sînt rezultate din combinarea unui număr finit de sisteme de aşteptare, M, cu o sursă exterioară.

O unitate care iese din sistemul i $(i=1, 2, 3 \ldots M)$ are o probabilitate constantă, θ_{ij} $(j = 0, 1, 2 \ldots M)$, de a ajunge în sistemul j $(j = 1, 2, 3 \ldots M)$ sau de a ieşi din reţea $(j = 0)$. Probabilitatea ca una dintre unităţi să intre în sistemul j $(j = 1, 2, \ldots M)$ este θ_{0j}. În mod evident $\sum_{j=0}^{M} \theta_{ij}=1$ $(i=0, 1, 2, 3 \ldots M)$.

În general se consideră exteriorul, adică sursa unităţilor, ca fiind sistemul 0 (fig. 1). Structura unei asemenea reţele poate fi prezentată printr-un grad de transfer.

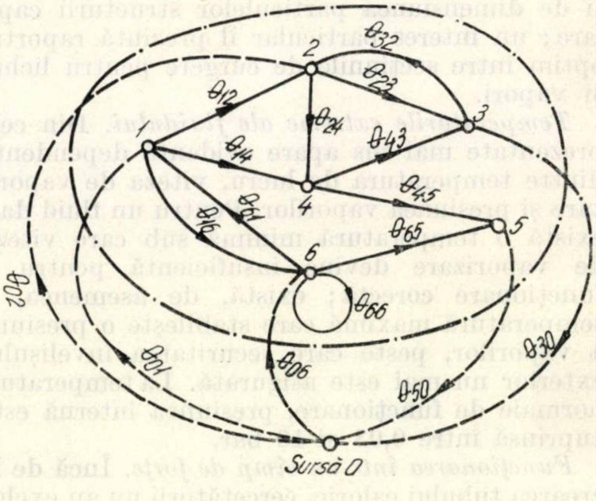


Fig. 1

Este evident că în graful din figura 1 au loc relaţiile:

$$
\begin{aligned}
\theta_{01} + \theta_{02} + \theta_{06} &= 1 \\
\theta_{12} + \theta_{14} + \theta_{16} &= 1 \\
\theta_{23} + \theta_{24} &= 1 \\
\theta_{30} + \theta_{32} &= 1 \\
\theta_{43} + \theta_{45} &= 1 \\
\theta_{50} &= 1 \\
\theta_{61} + \theta_{65} + \theta_{66} &= 1
\end{aligned}
$$

Matricea corespunzătoare acestor probabilităţi de transfer se numeşte matrice de transfer $[T]$:

$$[T] = [\theta_{ij}],$$

în care $\theta_{00} = 0$.

---

*) Dr. ing. Anatol Măcriş este directorul Întreprinderii „Energomontaj” — Bucureşti.

Se pot rezolva cu ușurință rețelele stocastice liniare care au, în afara condițiilor expuse mai înainte, următoarele proprietăți :

— se consideră că intrările în sisteme sînt guvernate de legea lui Poisson, iar duratele de serviciu au o distribuție exponențială ;

— ieșirile dintr-un sistem exponențial, ale cărui intrări au fost poissoniene, cu numărul mediu de intrări λ_i, constituie, de asemenea, un proces poissonian cu același λ_i ;

— cînd unitățile provenind dintr-o sursă poissoniană, cu numărul mediu de intrări λ_i, sînt repartizate între mai multe sisteme $0, 1, 2, \ldots M$, cu probabilitatea $\theta_{i0}, \theta_{i1}, \ldots, \theta_{iM}$, fluxul unităților mergînd la oricare din sistemele de așteptare, de exemplu j, este poissonian și are expresia :

$$L_{ij} = \lambda_i \cdot \theta_{ij}$$

În cazuri reale, este mai simplu uneori să se calculeze prin procedee statistice valoarea fluxurilor medii care intră într-un sistem $j\,(L_{ij})$.

În acest caz numărul mediu total al intrărilor în sistemul j este

$$\lambda_j = \sum_{i=0}^{K} L_{ij} \quad (j = 0, 1, 2, 3, \ldots, M)$$

În fiecare sistem de așteptare fluxul mediu este conservator

$$\sum_{i} L_{ij} = \sum_{K} L_{ki}$$

Suprapunerea mai multor surse poissoniene independente constituie o sursă poissoniană avînd numărul mediu de intrări λ_i egal cu suma numerelor medii ale intrărilor surselor componente.

Fiecare sistem de așteptare poate fi tratat ca un sistem de așteptare cu un șir de așteptare și mai multe stații, avînd fiecare același număr mediu de serviri, μ ; de asemenea, se consideră că sistemele sînt staționare și în regim permanent.

Fie λ_j numărul mediu total al sosirilor în sistemul j, în condițiile arătate mai înainte.

Se poate scrie :

$$\lambda_j = \sum_{i=0}^{M} \lambda_i \cdot \theta_{ij} \quad (j = 0, 1, 2, \ldots, M)$$

(λ_0 indică numărul mediu de sosiri al sursei)

Folosind scrierea matricială,

$$\{\lambda\} = [T]' \cdot \{\lambda\} \tag{1}$$

în care $[T]'$ este matricea transpusă a matricei de transfer $[T]$.

Utilizînd matricea dinamică $[D]$,

$$[D] = [T] - [1]$$

(în care [1] este matricea unitate).

Relația (1) o scriem sub forma :

$$[D]' \cdot \{\lambda\} = \{0\} \tag{2}$$

Relațiile (1) sau (2) formează un sistem de $M + 1$ ecuații liniare cu $M + 1$ necunoscute $(\lambda_0, \lambda_1, \ldots, \lambda_M)$.

Sistemul admite o infinitate de soluții.

În realitate λ_0 este cunoscut apriori și sistemul este determinat, avînd pentru orice valoare a lui λ_0 o soluție unică $\lambda_i = \alpha . \lambda_0$ $(i = 1, 2, \ldots, M)$.

Într-o rețea stocastică liniară, structura rețelei nu intervine decît în calculul numărului mediu total de sosiri într-un sistem de așteptare. Acest calcul se poate efectua folosind grafele de fluență

3. Utilizarea grafelor de fluență la calculul numărului mediu total de sosiri într-un sistem de așteptare al unei rețele stocastice liniare

Se consideră rețeaua stocastică din figura 2. Aceasta este o rețea deschisă în care :

$$\Sigma\theta_{j0} \neq \Sigma\theta_{01}$$

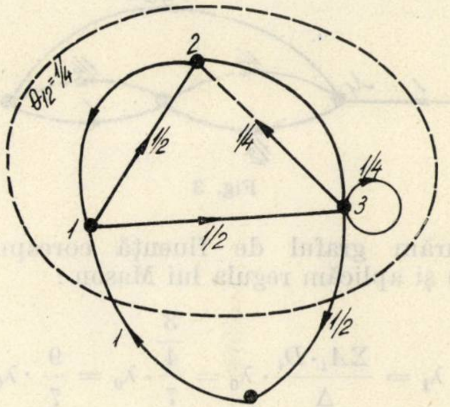


Fig. 2

Scriem matricea de transfer

$$[T] \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/2 & 1/2 \\ 0 & 1/4 & 0 & 3/4 \\ 1/2 & 0 & 1/4 & 1/4 \end{bmatrix}$$

apoi matricea dinamică transpusă

$$[D'] = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 1/2 \\ 1 & -1 & 1/4 & 0 \\ 0 & 1/2 & -1 & 1/4 \\ 0 & 1/2 & 3/4 & -3/4 \end{bmatrix}$$

Relația $[D'] \cdot \{\lambda\} = 0$ ne dă sistemul de ecuații :

$$-\lambda_0 + \frac{1}{2}\lambda_3 = 0 \tag{1}$$

$$\lambda_0 - \lambda_1 + 1/2\,\lambda_2 = 0 \tag{2}$$

$$1/2\,\lambda_1 - \lambda_2 + 1/4\,\lambda_3 = 0 \tag{3}$$

$$1/2\,\lambda_1 + 3/4\lambda_2 - 3/4\,\lambda_3 = 0 \tag{4}$$

Sistemul admite o infinitate de soluții. Dacă considerăm pe λ_0 cunoscut apriori, sistemul este determinat și avem o soluție unică pentru $\lambda_i = \alpha \cdot \lambda_0$ $(i = 1, 2, 3)$.

În rezolvarea sistemului de ecuații, în acest caz sînt necesare numai trei ecuații. Vom calcula sistemul cu ajutorul grafelor de fluență.

Scriem ecuațiile (2), (3) și (4) din sistemul de ecuații sub forma explicită, ecuația (1) considerîndu-se superfluă :

$$\lambda_1 = \lambda_0 + \frac{1}{2}\lambda_2$$

$$\lambda_2 = \frac{1}{2}\lambda_1 + 1/4\,\lambda_3$$

$$\lambda_3 = 2/3\,\lambda_1 + \lambda_2$$

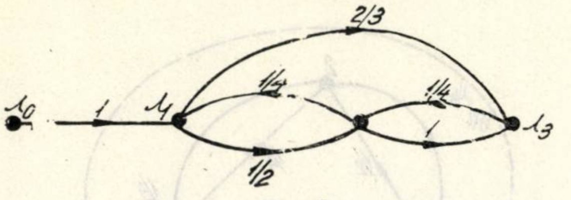

2/3
λ0
1
λ1
1/4
1/4
1
1/2
λ3

Fig. 3

Figurăm graful de fluență corespunzător (fig. 3) și aplicăm regula lui Mason :

a) $$\lambda_1 = \frac{\Sigma A_i \cdot D_i}{\Delta} \cdot \lambda_0 = \frac{\frac{3}{4}}{\frac{7}{12}} \cdot \lambda_0 = \frac{9}{7} \cdot \lambda_0$$

în care

$$\Delta = 1 - \Sigma G = 1 - \left(\frac{1}{8} + \frac{1}{4} + \frac{1}{24}\right) = 1 - \frac{10}{24} = \frac{7}{12}$$

$$G_1 = \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$$

$$G_2 = \frac{1}{4} \cdot 1 = \frac{1}{4}$$

$$G_3 = \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{4} = \frac{1}{24}$$

$$\Sigma A_i \cdot D_1 \text{ (fig. 4)} = \frac{3}{4}$$

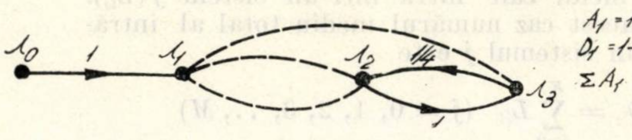

λ0
1
λ1
λ2
1/4
λ3
1
A1 = 1
D1 = 1-1·1/4 = 3/4
ΣA1·D1 = 3/4

Fig. 4

b) $$\lambda_2 = \frac{\Sigma A_i \cdot D_1}{\Delta} \cdot \lambda_0 = \frac{\frac{8}{12}}{\frac{7}{12}} \cdot \lambda_0 = \frac{8}{7} \cdot \lambda_0$$

$$\Sigma A_i \cdot D_i \text{ (fig. 5 a, b)} = \frac{8}{12}$$

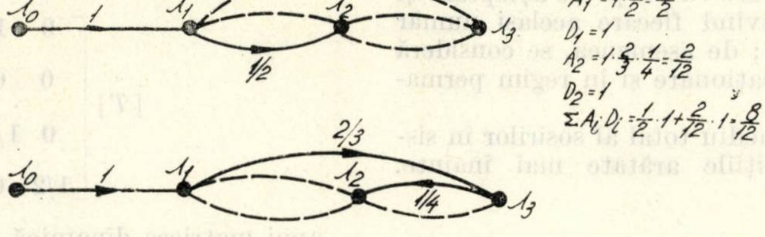

a)
λ0
1
λ1
λ2
λ3
1/2
b)
2/3
λ0
1
λ1
λ2
1/4
λ3
A1 = 1·1/2 = 1/2
D1 = 1
A2 = 1·2/3·1/4 = 2/12
D2 = 1
ΣAi·Di = 1/2·1 + 2/12·1 = 8/12

Fig. 5

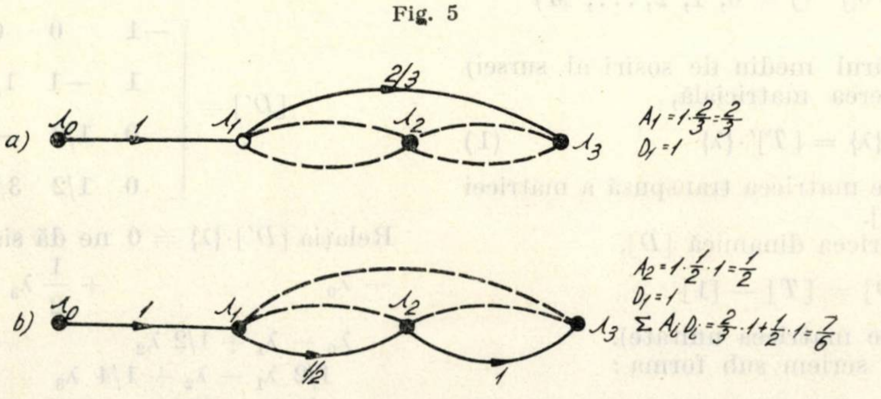

a)
2/3
λ0
1
λ1
λ2
λ3
A1 = 1·2/3 = 2/3
D1 = 1
b)
λ0
1
λ1
λ2
λ3
1/2
1
A2 = 1·1/2·1 = 1/2
D1 = 1
Σ Ai Di = 2/3·1 + 1/2·1 = 7/6

Fig. 6

c) $$\lambda_3 = \frac{\Sigma A_i \cdot D_i}{\Delta} \cdot \lambda_0 = \frac{\frac{7}{6}}{\frac{7}{12}} \cdot \lambda_0 = 2 \cdot \lambda_0$$

$$\Sigma A_i \cdot D_i \text{ (fig. 6 a, b)} = \frac{7}{6}$$

În unele rețele de așteptare graful de fluență se confundă cu graful de transfer.

4. Rețele de sisteme de așteptare la care graful de transfer este același cu graful de fluență al sistemului

Într-o rețea de M sisteme de așteptare, avînd un vîrf de intrare λ_1, astfel încît $\Gamma \lambda_1^{-1} = \emptyset$, și un vîrf de ieșire λ_M, astfel încît $\Gamma \cdot \lambda_M = \emptyset$, calculul valorilor λ_i se face cu ușurință cu ajutorul grafelor de fluență.

Într-o astfel de rețea, o unitate ieșind din sistemul i ($i = 1, 2, \ldots, M-1$) are o probabilitate constantă θ_{ij} de a intra în sistemul j ($j = 2, 3, \ldots, M$).

Într-o astfel de rețea

$$\sum_{j=2}^{M} \theta_{ij} = 1 \qquad i = 1, 2, \ldots, M-1$$

$$\lambda_j = \sum_{i=1}^{M-1} \lambda_i \cdot \theta_{ij} \qquad j = 2, 3, \ldots, M \tag{3}$$

Avem astfel un sistem de $M-1$ ecuații cu $M-1$ necunoscute (raportînd λ_i la λ_0), care se poate rezolva ușor. Într-adevăr, sistemului de ecuație (3) i se poate asocia un graf de fluență în care

λ_i este semnalul punctului i;
θ_{ij} — transmitenta arcului ij;
$\lambda_i \cdot \theta_{ij}$ — semnalul arcului ij.

Într-o asemenea rețea de sisteme de așteptare graful de transfer este chiar graful de fluență al sistemului, iar sistemul de ecuații (3) se rezolvă ușor cu ajutorul metodelor caracteristice grafelor de fluență.

Considerăm rețeaua de sistem de așteptare din figura 7. În această rețea avem :

$$\begin{aligned} \theta_{12} + \theta_{14} + \theta_{15} &= 1 \\ \theta_{24} &= 1 \\ \theta_{32} + \theta_{36} &= 1 \\ \theta_{43} + \theta_{46} &= 1 \\ \theta_{55} + \theta_{56} &= 1 \end{aligned}$$

Ne propunem să determinăm numărul mediu total de sosiri în fiecare sistem :

$$\lambda_j = \sum_i \lambda_i \cdot \theta_{ij} \qquad \begin{matrix} (i = 1, 2, 3, 4, 5) \\ (j = 2, 3, 4, 5, 6) \end{matrix}$$

Calculăm λ_j (raportîndu-le la λ_i) după regula lui Mason. De exemplu

$$\lambda_6 = \lambda_1 \cdot \frac{\Sigma G_k \cdot D_k}{\Delta}$$

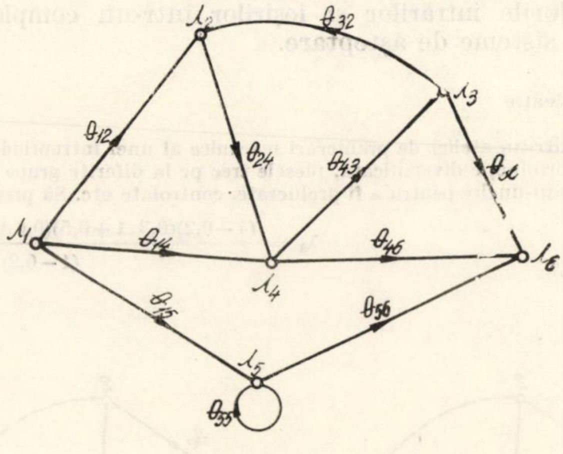
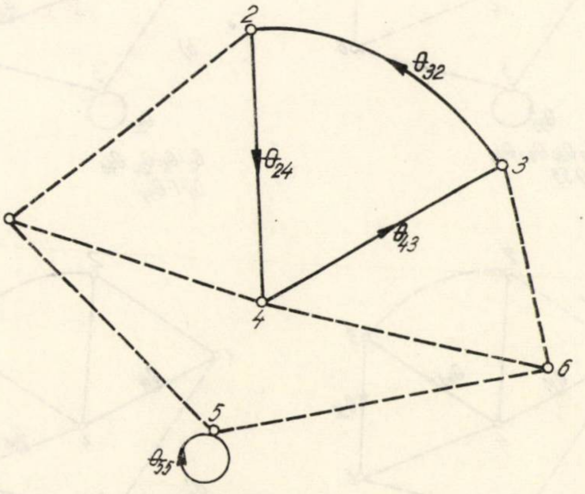


Fig. 7



$$\Sigma P_{m1} = \Sigma P_{21} = \theta_{24}\theta_{43}\theta_{32} + \theta_{55}$$
$$\Sigma P_{m2} = \Sigma P_{22} = \theta_{24}\theta_{43}\theta_{32}\theta_{55}$$
$$\Delta = 1 - \Sigma P_{21} + \Sigma P_{22} = 1 - (\theta_{24}\theta_{43}\theta_{32} + \theta_{55}) + \theta_{24}\theta_{32}\theta_{55} = (1-\theta_{55})(1-\theta_{24}\theta_{43}\theta_{32})$$

Fig. 8

Calculul lui Δ este arătat în figura 8, iar calculul lui $G_k \cdot D_k$ în figurile 9 a, b, c, d, e.

Se obține :

$$\boxed{\begin{aligned} \lambda_6 &= \lambda_1 \cdot \frac{(1-\theta_{55})(\theta_{12}\cdot\theta_{24}\cdot\theta_{43}\cdot\theta_{36} + \theta_{12}\theta_{24}\theta_{45} + \theta_{14}\cdot\theta_{43}\cdot\theta_{36} + \theta_{14}\theta_{46})}{(1-\theta_{55})(1-\theta_{24}\cdot\theta_{43}\cdot\theta_{32})} + \frac{\theta_{15}\cdot\theta_{55}(1-\theta_{24}\cdot\theta_{43}\cdot\theta_{32})}{(1-\theta_{55})(1-\theta_{24}\theta_{43}\theta_{32})} = \\ &= \lambda_1 \cdot \frac{(1-\theta_{55})(\theta_{12}\cdot\theta_{24} + \theta_{14})(\theta_{36}\cdot\theta_{43} + \theta_{46}) + \theta_{15}\cdot\theta_{55}(1-\theta_{24}\cdot\theta_{43}\cdot\theta_{32})}{(1-\theta_{55})(1-\theta_{24}\cdot\theta_{43}\cdot\theta_{32})} \end{aligned}}$$

Într-o asemenea rețea de sisteme de așteptare putem calcula deci numărul mediu total de intrări numai al sistemului de ieșire, fără să ne intereseze așteptările din sistemele din interiorul rețelei.

Această situație se întîlnește în practică în numeroase cazuri, în care ne interesează numai valorile intrărilor și ieșirilor într-un complex de sisteme de așteptare.

Aplicație

Într-un atelier de prelucrări mecanice al unei întreprinderi cu producție diversificată, piesele trec pe la diferite grupe de mașini-unelte pentru a fi prelucrate, controlate etc. Să presupunem că grupele de mașini-unelte și transferurile sînt ca în figura 7, iar probabilitățile de transfer sînt :

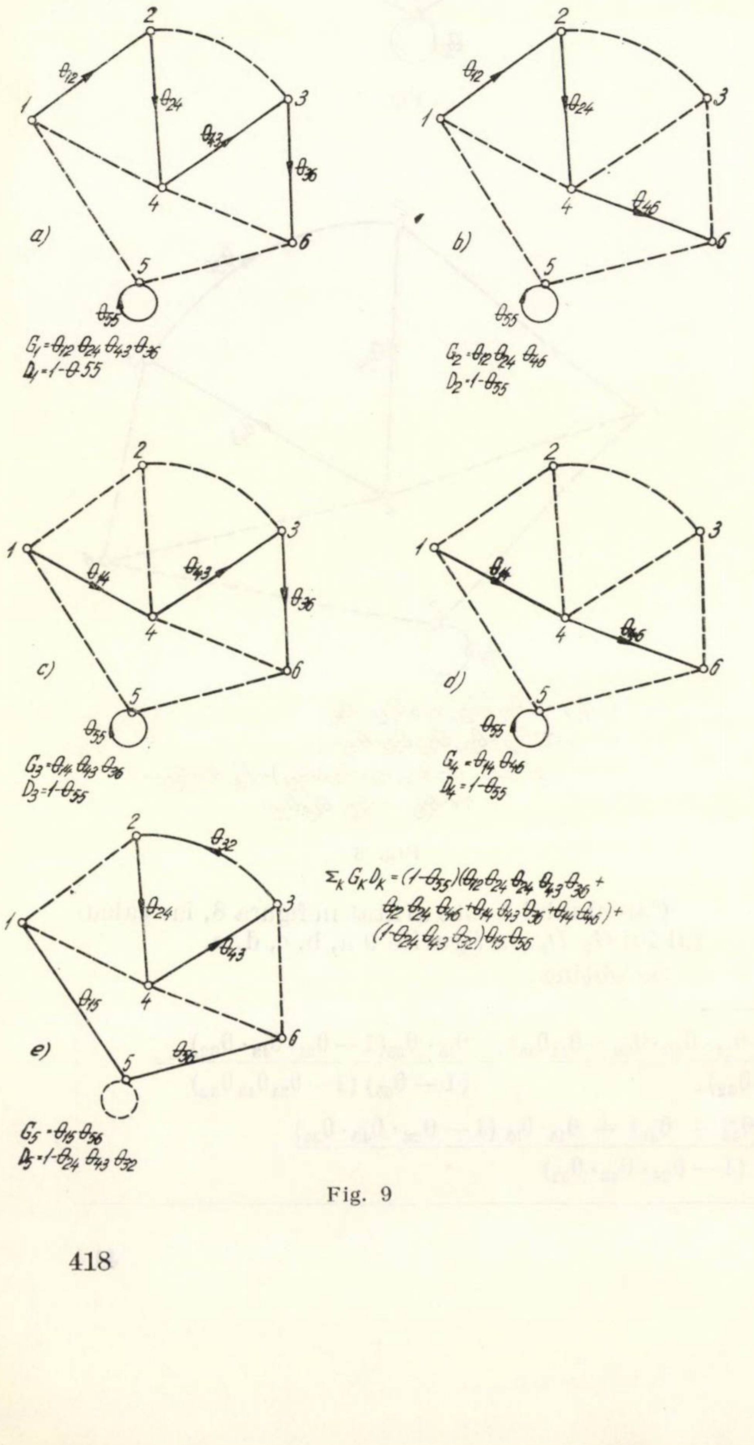
$\theta_{12} = 0,3$
$\theta_{14} = 0,5$
$\theta_{15} = 0,2$
$\theta_{24} = 1$
$\theta_{32} = 0,4$
$\theta_{36} = 0,6$
$\theta_{43} = 0,3$
$\theta_{46} = 0,7$
$\theta_{56} = 0,8$
$\theta_{55} = 0,2$
$\lambda_1 = 30$ piese pe oră.

Se cere calculul numărului mediu orar al sosirilor de piese la postul 6.

Se aplică valorile numerice ale θ_i ($i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$) și λ_1 în formula calculată pentru λ_6 în capitolul 3 :

$$\lambda_6 = \frac{(1-0,2)(0,3.1+0,5)(0,6.0,3+0,7)+0,2.0,2(1-1.0,3.0,4)}{(1-0,2)\,(1-1.0,3.0,4)}\cdot 30 = \frac{0,8.0,8.0,88+0,04.0,88}{0,8.0,88}\cdot 30 =$$

$$= \frac{0,59}{0,724}\cdot 30 = 0,81.30 = 24,3\ \frac{\text{piese}}{\text{oră}}.$$

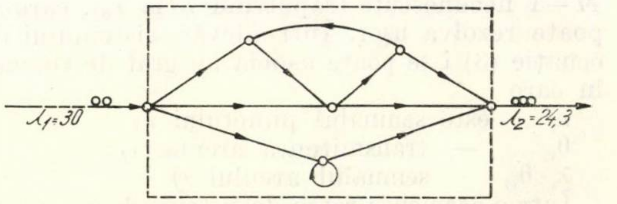


2
1
3
4
5
6
θ_{12}
θ_{24}
θ_{43}
θ_{36}
θ_{55}
a)
$G_1 = \theta_{12}\theta_{24}\theta_{43}\theta_{36}$
$D_1 = 1-\theta 55$
θ_{46}
b)
$G_2 = \theta_{12}\theta_{24}\theta_{46}$
$D_2 = 1-\theta_{55}$
θ_{14}
c)
$G_3 = \theta_{14}\theta_{43}\theta_{36}$
$D_3 = 1-\theta_{55}$
d)
$G_4 = \theta_{14}\theta_{46}$
$D_4 = 1-\theta_{55}$
θ_{32}
θ_{15}
θ_{56}
e)
$G_5 = \theta_{15}\theta_{56}$
$D_5 = 1-\theta_{24}\theta_{43}\theta_{32}$
$\Sigma_K G_K D_K = (1-\theta_{55})(\theta_{12}\theta_{24}\theta_{24}\theta_{43}\theta_{36} + \theta_{12}\theta_{24}\theta_{46} + \theta_{14}\theta_{43}\theta_{36} + \theta_{14}\theta_{46}) + (1-\theta_{24}\theta_{43}\theta_{32})\theta_{15}\theta_{56}$

Fig. 9

Întrucît ieșirile dintr-un sistem exponențial, ale cărui intrări au fost poissoniene cu numărul mediu λ_i, constituie, de asemenea, un proces poissonian, înseamnă că numărul mediu de ieșiri din ansamblul de sisteme de așteptare luat în considerare este $\lambda_e = {}_a\lambda_6 = 24,3$ piese/oră.

Ansamblul de sisteme de așteptare se poate reprezenta schematic ca o cutie neagră în care intră un număr mediu orar de piese de 30 de bucăți și iese un număr mediu orar de 24,3 bucăți, ca în figura 10.



$\lambda_1 = 30$
$\lambda_2 = 24,3$

Fig. 10

Acest lucru ne permite să putem calcula în continuare procesul urmărit.

Dacă ne propunem să calculăm ansamblul de sisteme de așteptare (cutia neagră), trebuie să calculăm toți λ_i, apoi numărul minim de stații de servire S_i, astfel încît la fiecare sistem de așteptare să fie îndeplinită condiția

$$\frac{\lambda_i}{\mu_i S_i} < 1$$

(μ_i este numărul mediu de serviri al unei stații) pentru a ne menține într-un regim permanent.

Alegerea numărului optim de stații în cadrul cutiei negre, care să conducă la minimizarea funcției,

$$\gamma = C_{t1} + C_{t2}$$

(C_1 este suma cheltuielilor pentru stațiile sistemului i, iar C_2 suma costurilor provocate de așteptări la sistemul i), constituie o problemă cunoscută.

Concluzii

— O reţea stocastică liniară se rezolvă prin rezolvarea fiecărui sistem de aşteptare în parte.

— Într-o reţea stocastică liniară structura reţelei nu intervine decît în calculul numărului mediu total de sosiri într-un sistem de aşteptare (λ_i).

— Calculul coeficienţilor λ_i conduce la un sistem de ecuaţii ($M+1$ în reţelele deschise; M în reţelele închise; $M-1$ în reţelele speciale, definite în capitolul 3) cu acelaşi număr de necunoscute.

— Se propune rezolvarea acestui sistem de ecuaţii cu ajutorul grafelor de fluenţă, simplificîndu-se mult calculele, în special la reţelele cu un număr mare de sisteme de aşteptare.

— La unele reţele de aşteptare, definite în capitolul 4, graful de fluenţă este chiar graful de transfer corespunzător.

— Calculînd coeficienţii λ_i cu ajutorul grafelor de fluenţă, ne putem rezuma numai la calculul coeficientului unui anumit sistem de aşteptare, de exemplu al sistemului de aşteptare de ieşire din reţea, fără să ne preocupe ce se întîmplă în sistem.

Această situaţie se întîlneşte în practică, în cazurile în care ne interesează numai valorile intrărilor şi ieşirilor dintr-un complex de sisteme de aşteptare.

Bibliografie

[1] Mihoc, Gh. şi Ciucu, G. *Introducere în teoria aşteptării.* Editura tehnică, Bucureşti, 1967.

[2] Kaufman, A. şi Cruon, R. *Les phénomènes d'attente.* Dunod, Paris, 1961.

[3] Robichaud, L., Boisvert, H. şi Robert, J. *Graphes de fluence.* Eyrolles, Paris, 1961.

[4] Elmaghraby, S. E. *Proiectarea sistemelor de producţie.* Editura tehnică, Bucureşti, 1968.

(Articol intrat în redacţie la 16 septembrie 1970)

◆

Recenzii

L. S. STERMAN. **Tehniko-ekonomiceskie osnovî vibora parametrov kondensaţionnîh elektriceskih stanţii** (Bazele tehnico-economice ale alegerii parametrilor centralelor termoelectrice). Ed. Vîsşaia Şkola, Moscova, 1970, 278 p.

Autorul prezintă metodele tehnico-economice de calcul pentru alegerea parametrilor CTE şi a principalelor anexe ale acestora. Materialul este distribuit într-un număr de zece capitole.

În introducere, după o scurtă prezentare a dezvoltării energeticii în U.R.S.S., se arată principalii indicatori tehnico-economici ai blocurilor de condensaţie cu puteri cuprinse între 150 şi 300 MW.

Capitolul I, „Calcule tehnico-economice în energetică", cuprinde metodica generală a alegerii variantei optime, folosind criteriul cheltuielilor anuale de calcul, în ipoteza că centrala funcţionează într-un sistem energetic unitar. Se prezintă componentele investiţiilor şi cheltuielilor anuale, indicîndu-se valorile caracteristice pentru blocuri de diferite puteri, utilizînd diverşi combustibili, într-o gamă de variaţie a duratei lor de funcţionare cuprinsă între 3000 şi 7500 h/an.

Capitolul II analizează structura şi modul de determinare a investiţiilor în CTE, prezentînd modul de variaţie a acestora în cazul modificării parametrilor sau a tipului blocului.

Capitolul III, intitulat „Alegerea puterii unitare a blocurilor", tratează problemele generale ale comportării blocurilor de diverse puteri, ţinînd seamă de influenţele puterii unitare asupra investiţiilor specifice şi a siguranţei în funcţionare. Se prezintă statistici privind siguranţa în funcţionare şi avariile diferitelor blocuri, indicîndu-se metodica de determinare a mărimii rezervei de avarie, precum şi influenţa acesteia asupra alegerii variantei optime de echipare a CTE.

În capitolul IV se face o analiză detaliată a influenţei parametrilor iniţiali ai aburului asupra economiei termice şi a condiţiilor de lucru ale elementelor traseului apă-abur. Se prezintă apoi efectele măririi parametrilor iniţiali asupra investiţiilor şi cheltuielilor anuale, indicîndu-se modul de determinare a variantei optime, precum şi tendinţele actuale în alegerea presiunii şi temperaturii iniţiale a aburului.

În capitolul V, pornind de la o analiză a modului optim de distribuire a prizelor turbinelor cu condensaţie, se indică metodica alegerii circuitului regenerativ. Se prezintă apoi calculul tehnico-economic de alegere a temperaturii apei de alimentare şi a numărului de preîncălzitoare, precum şi modul de stabilire a vitezei optime a apei în preîncălzitoare. În finalul capitolului se analizează cîteva dintre cele mai moderne scheme ale circuitului regenerativ, prezentîndu-se efectele economice ale alegerii acestora.

Capitolele VI şi VII cuprind consideraţii privind optimizarea parametrilor finali ai turbinelor şi a sistemului de alimentare cu apă de răcire. Analizîndu-se efectele termice şi economice ale variaţiei parametrilor finali ai aburului, precum şi ale vitezei şi debitului apei de răcire, se indică modul de alegere optimă a acestor mărimi. De asemenea, se prezintă calculul tehnico-economic de alegere a vitezei apei de răcire în conductele de aducţiune, ţinîndu-se seama de un număr complex de factori.

În capitolul VIII, intitulat „Schemele de amplasare şi antrenare a pompelor de alimentare", se prezintă o metodică completă a stabilirii poziţiei pompei de alimentare în circuitul regenerativ şi a modului optim de antrenare a acesteia. Se indică, de asemenea, valorile economiei de căldură pentru diverse moduri de antrenare a pompei de alimentare, în cazul turboagregatelor de 500, 800 şi 1000 MW.

Capitolul IX tratează metodica de calcul tehnico-economic al circuitului aer-gaze din CTE. Se analizează influenţele alegerii optime a vitezei aerului şi gazelor asupra cheltuielilor anuale de calcul ale centralei, prezentîndu-se nomograma şi formule pentru calculul vitezei optime.

În capitolul X se prezintă deosebit de detaliat diversele posibilităţi de amplasare a componentelor centralei în clădirea principală. Se arată numeroase scheme de amplasare pentru blocuri de diverse puteri şi modul de determinare a amplasării optime în clădirea principală, analizînd efectele pe care le implică diversele moduri de amplasare asupra investiţiilor şi cheltuielilor centralei.

Toate capitolele sînt însoţite de exemple de calcul, deosebit de utile pentru înţelegerea mai bună a metodelor de optimizare expuse.

Dedicată, în special, studenţilor din institutele de învăţămînt energetic superior, lucrarea, prin nivelul înalt de tratare a problemelor, prezintă un material de deosebit interes şi pentru inginerii şi tehnicienii care lucrează în proiectarea şi exploatarea CTE.

Cartea constituie o excelentă sistematizare a unui material bogat și un deosebit de util ghid pentru calculele tehnico-economice din domeniul CTE.

Ing. **Adrian Badea**

Organisation und Technik der Verwaltungsarbeit (Organizarea și tehnica muncii de administrație). Verlag die Wirtschaft, Berlin, 1970.

Administrația, ca componentă a științei conducerii și organizării (management), este tot mai mult studiată, de buna organizare a muncii de administrație depinzînd în final eficiența activității oricărui organism industrial și social.

Lucrarea își propune să prezinte într-o formă integrată problemele moderne ale muncii de administrație în condițiile existenței calculatoarelor electronice și a tehnicilor informaționale actuale. Conceptul de *sistem* este prezent, și aceasta înlesnește prezentarea sub o formă deosebit de accesibilă a întregului material din carte. Ea are 192 de pagini, materialul fiind sistematizat într-un număr de 11 capitole, urmat de o listă bibliografică, lista de explicare a fotografiilor și un index alfabetic al termenilor.

În primul capitol se justifică necesitatea raționalizării muncii de administrație în special în condițiile unei economii socialiste, planificate ; se prezintă tendințele de dezvoltare a muncii de administrație în condițiile producției materiale și posibilitățile de bază în dezvoltarea acesteia ; aparate și mașini mecanice și electromecanice pentru mecanizarea calculului, precum și aparatură electronică în contextul proceselor industriale complexe.

Capitolul al doilea, intitulat „Locul și încăperea de muncă", se ocupă cu probleme moderne de ergonomie, în condițiile speciale ale muncii administrative ; sînt prezentate succesiv aspecte distincte ale configurației locului de muncă, condiții climaterice optime într-o încăpere de lucru, iluminarea optimă, configurația culorilor dintr-o încăpere, combaterea zgomotelor etc. Exemplele tipice pentru încăperi convenționale cu destinație administrativă iau în considerare punctele fixe și elementele centrale ale acestora și în continuare sînt date exemple pentru aranjarea suprafețelor mari destinate muncii administrative. Ultimul paragraf face considerații asupra avantajelor încăperilor de mare suprafață pentru munca administrativă.

În capitolul următor sînt prezentate amplu problemele specifice serviciului poștal, căruia i se atașează un sistem intrare-ieșire, unitar și dinamic. Explicațiile din text sînt amplu susținute de figuri și diagrame sugestive.

Capitolul „Registratura" prezintă ideea că o bună muncă administrativă este apreciată printr-o registratură corespunzătoare ; sînt indicate principalele probleme ale unui sistem complex de registratură. Sînt descrise formele principale de înregistrare a documentelor, utilizînd registre cu diferite funcțiuni, precum și alte forme materiale de înscriere și păstrare a informațiilor.

Descrierea dulapurilor speciale și a mobilierului adecvat continuă pînă la prezentarea completă a unei arhive care trebuie să folosească cu maximă eficiență spațiul.

În capitolul 5 sînt prezentate diferite mijloace de organizare a cartotecilor după cele mai noi principii ; în finalul capitolului este dată o diagramă a formelor și modurilor de circulație (transfer) a informațiilor într-un sistem dat.

În capitolul 6, intitulat „Trafic de informații", sînt prezentate cele mai noi tehnici și mijloace de transfer al informațiilor. Problema comunicării telefonice este amplu tratată, descriindu-se atît diferite tipuri de aparate telefonice moderne, ca instalații de tip *dispecer*, cît și metode adecvate pentru folosirea integrată a acestora. Sînt date ample explicații asupra folosirii telexurilor, ca aparate moderne ale sistemelor de informație, precum și a aparaturii conexe.

Într-un paragraf distinct este tratată problema transmiterii documentelor prin instalații pneumatice ; se dau explicații asupra părții tehnice de realizare a acesteia, cît și a proiectării sistemului de folosire cel mai indicat a acestei posibilități moderne de transfer al informațiilor.

Interesante indicații privind raționalizarea muncii de concepere și elaborare a materialelor sînt date în capitolul 7. Sînt analizate necesitățile și posibilitățile pentru realizarea eficientă a materialelor scrise : dictarea în aparate speciale de dictat, dictarea în aparate de dictat telefonice, dictarea prin intermediul stenogramei etc. Se fac paralele între avantajele și dezavantajele diferitelor metode propuse.

Capitolul 8 prezintă aparate necesare în tehnica dictării (Diktiertechnik) ca : magnetofoane, pick-upuri cu microfoane de mînă (Plattendiktiergerät mit Handmikrofon) și utilajele anexe.

Capitolul 9 prezintă pe scurt automate de înregistrare și mașini de scris cu dispozitive speciale.

Aparate și tehnici speciale de multiplicare sînt descrise pe larg în cadrul capitolului 10, „Metode și aparate de multiplicare".

În ultimul capitol sînt descrise aparatele și mașinile de calculat : rigla de calcul, mașini mecanice și electronice de calcul.

Sînt date indicații precise asupra modului în care se manipulează în general asemenea aparatură, precum și avantajele și dezavantajele fiecărui tip descris.

În final este dată o interesantă bibliografie din domeniul organizării muncii administrative.

Cartea este bogat ilustrată cu figuri, planșe și scheme ce prezintă cele mai noi tipuri de aparate folosite astăzi curent în munca administrativă, cît și sistemele moderne de organizare a birourilor și de circulație a documentelor și informației.

Lucrarea „Organisation und Technik der Verwaltungsarbeit" este de un real interes pentru cei ce organizează și duc efectiv munca de administrație, fiind una dintre puținele cărți care realizează o vedere unitară în prezentarea problemelor moderne ale conducerii muncii administrative.

Ing. **Adrian Gheorghe**

ÎNTRE 14 și 20 OCTOMBRIE 1971
va avea loc pe noul teren al tîrgului cel de-al 5-lea Congres cu expoziție pentru automatica și tehnica măsurătorilor.
Această manifestare reprezintă centrul întrunirilor din domeniul automaticii și tehnicii măsurătorilor pentru cercetare, dezvoltare, industrie și economie.

Pentru informații adresați-vă : DÜSSELDORFER MESSEGESELLSCHAFT mbH—NOWEA—4 Düsseldorf, Messegelände, tel. 4.40.41 Arbeitsgemeinschaft INTERKAMA, 4 Düsseldorf, Duisburger str. 1-a, tel. 48.88.60

INTERKAMA'71

Interkama'71 Düsseldorf

IRE SIBIU

IRE SIBIU

IRE SIBIU

Secţia ateliere centrale a
Intreprinderii de reţele
electrice Sibiu
strada Uzinei nr. 7, tel. 14850

Produce următoarele materiale pentru reţele şi instalaţii electrice :

- Cleme universale pentru conductoare de aluminiu
- Cleme cupru-aluminiu
- Cleme cu crestături pentru conductoare de Al şi Ol-Al
- Console orizontale de susţinere şi de tracţiune pentru LEA 1 kV
- Lacăt pentru separator - tip aerian, pentru blocarea dispozitivului AME-1
- Presă de mufat pentru executarea crestării clemelor de înnădire
- Firidă de branşament monofazic.

IEC CRAIOVA

Produce şi furnizează prin instalaţiile sale, în condiţii de siguranţă şi calitate :

- energie electrică, sistemului electroenergetic naţional şi consumatorilor de energie electrică din regiune;
- căldură, consumatorilor industriali din zonă.

Centrala Electrică de Termoficare-Craiova, dispune de grupuri generatoare de mare putere şi de instalaţii moderne, cu un înalt grad de automecanizare şi de concentrare a comenzilor, ceea ce asigură funcţionarea continuă a centralei în perfecte condiţii tehnice şi economice.

Cenuşa livrată de centrală, se poate utiliza de fabricile de ciment la elaborarea betonului celular autoclavizat, din care se realizează cărămizi uşoare, panouri mari pentru hale industriale, stîlpi uşori, izolaţii termice hidrofuge şi fonice, precum şi alte produse necesare industriei construcţiilor şi materialelor de construcţii.

I.e.c. craiova

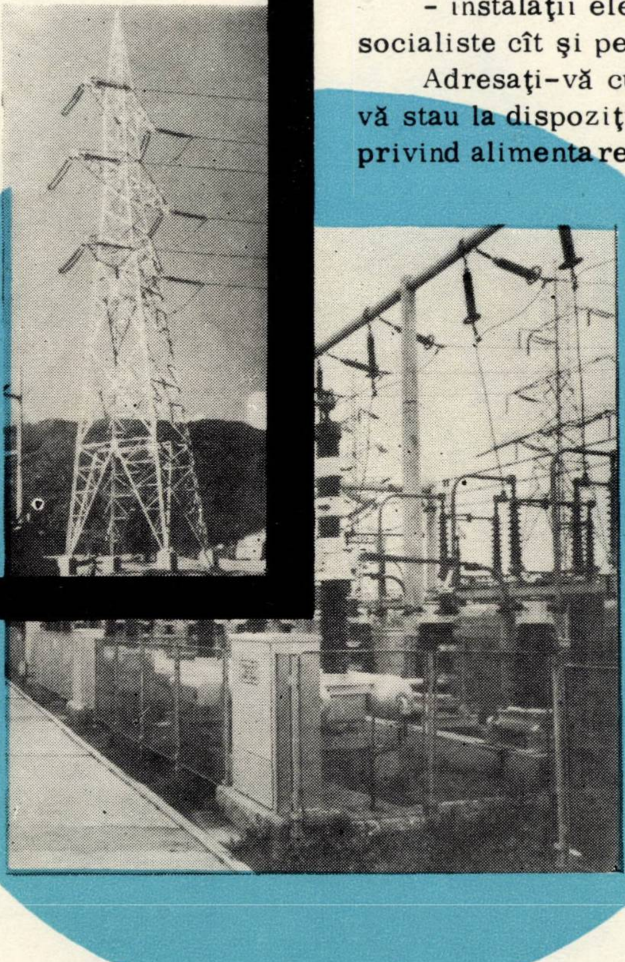
Comuna Işalniţa, Judeţul Dolj

IRE
PITEȘTI

Proiectează, construieşte, întreţine şi exploatează prin unităţile sale instalaţiile electrice din judeţele Argeş, Olt şi Vîlcea, cum sînt:

- staţii şi posturi de transformare;
- linii de transport şi distribuţie a energiei electrice;
- instalaţii electrice interioare atît pentru unităţile socialiste cît şi pentru particulari.

Adresaţi-vă cu încredere serviciilor întreprinderii, care vă stau la dispoziţie pentru rezolvarea tuturor problemelor privind alimentarea cu energie electrică.



întreprinderea de reţele electrice piteşti

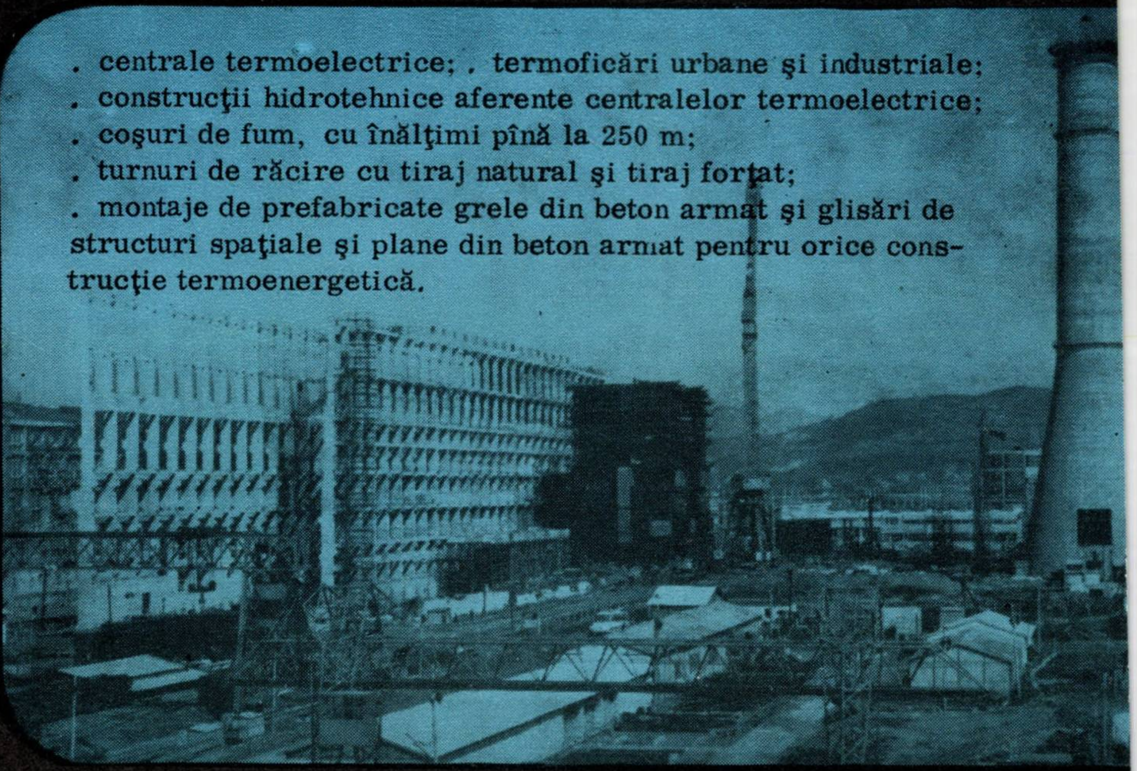
Str. Republicii nr. 148

TCME

TRUSTUL DE CONSTRUCTII SI MONTAJE ENERGETICE
BUCURESTI, CALEA MOSILOR NR. 158
telefon 16 63 30 - telex 271

EXECUTA PRIN UNITATILE SALE DE CONSTRUCTII :
Lucrări de construcţii termoenergetice ca :

- centrale termoelectrice;
- termoficări urbane şi industriale;
- construcţii hidrotehnice aferente centralelor termoelectrice;
- coşuri de fum, cu înălţimi pînă la 250 m;
- turnuri de răcire cu tiraj natural şi tiraj forţat;
- montaje de prefabricate grele din beton armat şi glisări de structuri spaţiale şi plane din beton armat pentru orice construcţie termoenergetică.

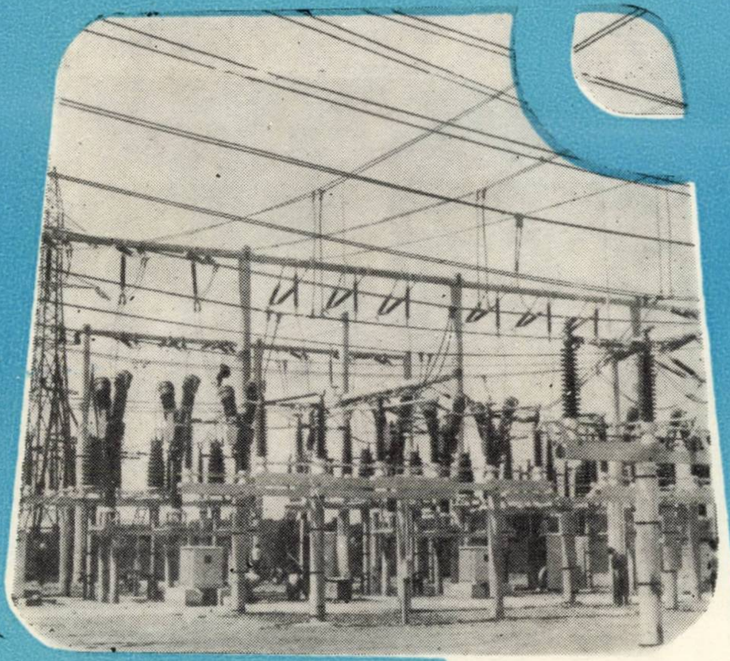


EXECUTA
PRIN UNITATILE
SALE DE MONTAJ

- cazane de abur moderne de mare capacitate cu parametri ridicaţi ;
- turbine cu abur pînă la 330 MW ;
- turbine cu gaze pînă la 35 MW ;
- turbine hidraulice pînă la 170 MW ;
- generatoare electrice ;
- compensatoare sincrone ;
- instalaţii termomecanice şi hidromecanice pentru centrale termoelectrice şi hidroelectrice ;
- instalaţii electrice de joasă, înaltă şi foarte înaltă tensiune, aferente centralelor electrice ;
- instalaţii de măsură, control şi automatizare, atît la partea mecanică, cît şi la partea electrică a centralelor electrice.

Lucrările de construcţii şi montaje, se execută de către Trustul de Construcţii şi Montaje Electrice prin metode tehnologice moderne de mare productivitate, în durate de timp minime şi la un înalt grad de calitate.

IRE
BAIA MARE



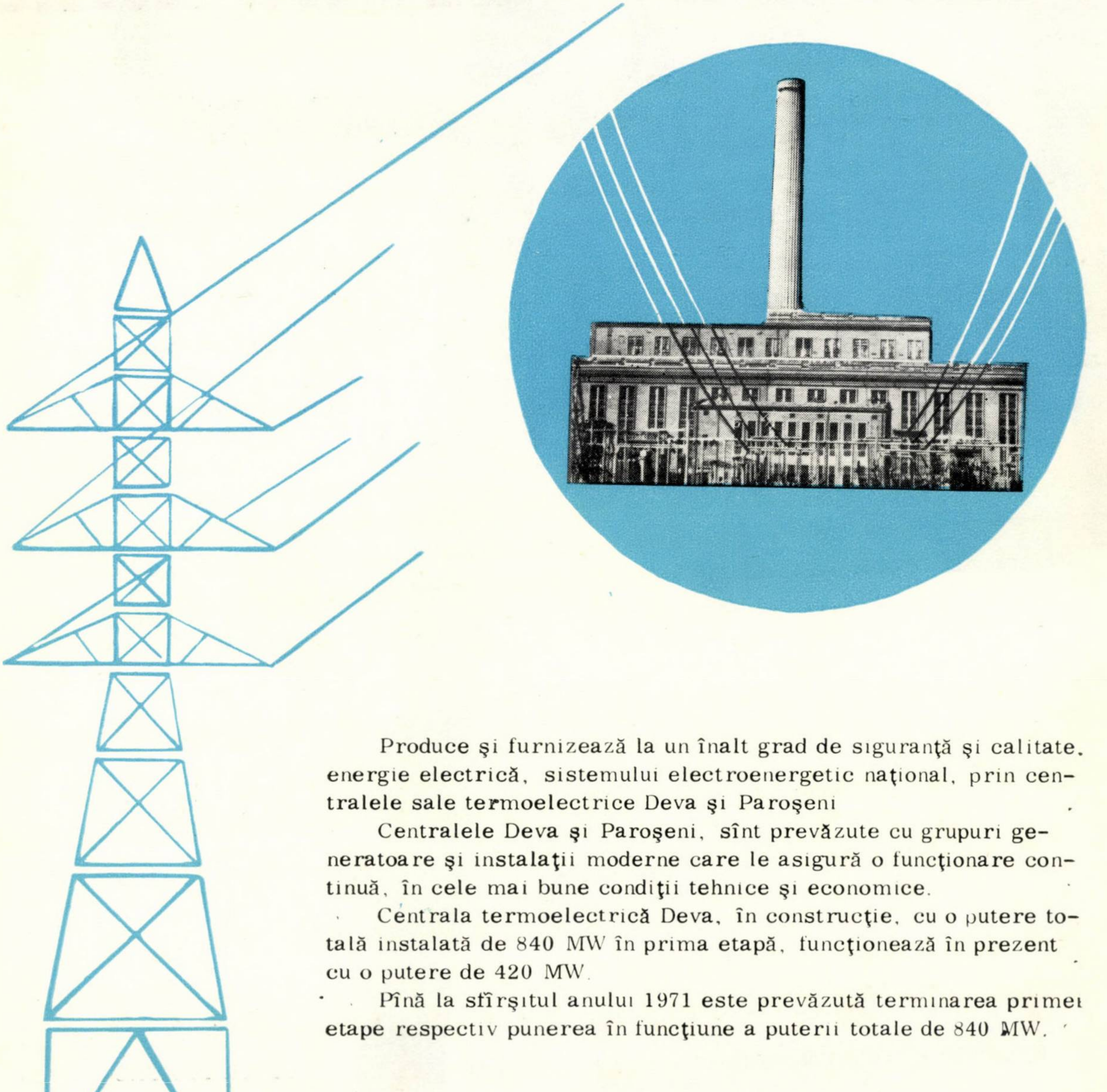
ASIGURĂ alimentarea cu energie electrică din sistemul energetic naţional a tuturor consumatorilor din zonă, în condiţii de siguranţă şi de bună calitate.
Instalaţiile sale de producere, transport şi distribuţie dispun de echipamente moderne şi sînt exploatate la un înalt grad de tehnicitate.

ASIGURĂ solicitanţilor proiectarea, executarea şi exploatarea instalaţiilor necesare pentru alimentarea cu energie electrică în cele mai bune condiţii tehnice şi economice.

SERVICIILE INTREPRINDERII STAU LA DISPOZITIA SOLICITANTILOR PENTRU REZOLVAREA TUTUROR PROBLEMELOR PRIVIND ALIMENTAREA CU ENERGIE ELECTRICA.

INTREPRINDEREA DE REŢELE ELECTRICE
Str. Victoriei nr. 66 -
Jud. Maramureş
BAIA MARE

INTREPRINDEREA ELECTROCENTRALE DEVA



Produce şi furnizează la un înalt grad de siguranţă şi calitate, energie electrică, sistemului electroenergetic naţional, prin centralele sale termoelectrice Deva şi Paroşeni.

Centralele Deva şi Paroşeni, sînt prevăzute cu grupuri generatoare şi instalaţii moderne care le asigură o funcţionare continuă, în cele mai bune condiţii tehnice şi economice.

Centrala termoelectrică Deva, în construcţie, cu o putere totală instalată de 840 MW în prima etapă, funcţionează în prezent cu o putere de 420 MW.

Pînă la sfîrşitul anului 1971 este prevăzută terminarea primei etape respectiv punerea în funcţiune a puterii totale de 840 MW.

INTREPRINDEREA ELECTROCENTRALE DEVA
Com. MINTIA, Jud. HUNEDOARA

IRE

Proiectează, execută şi exploatează:

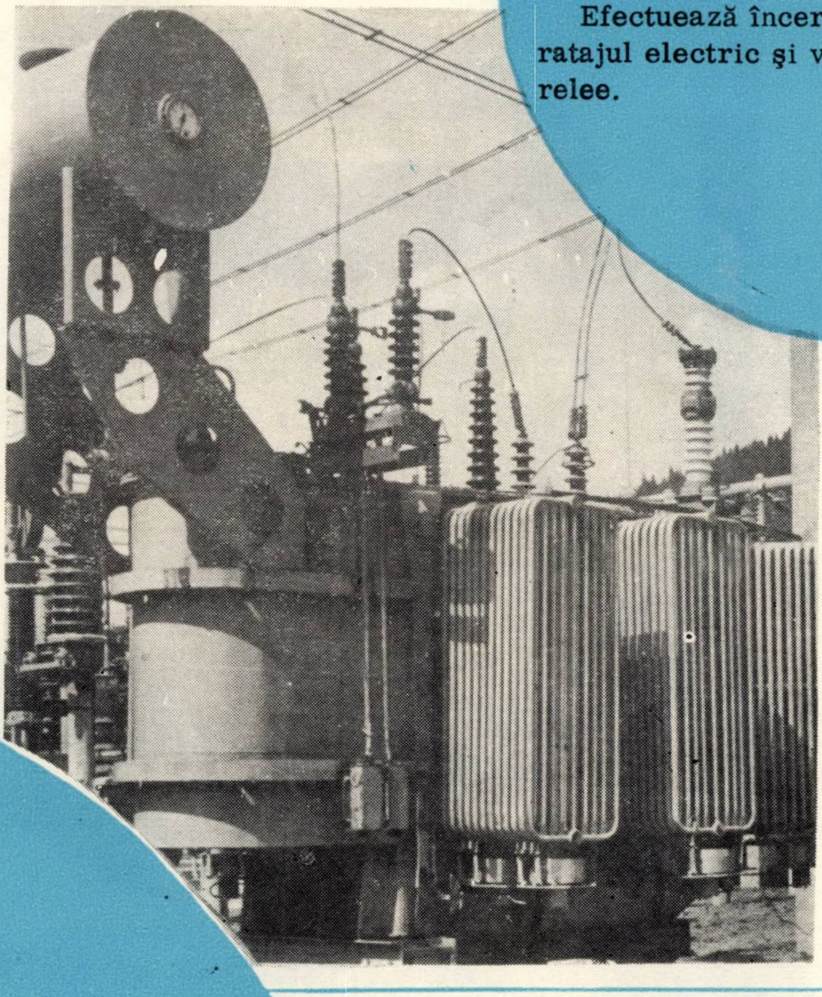
IAŞI

str. Uzinei nr. 38

- posturi şi staţii de transformare;
- linii electrice aeriene şi subterane transport şi distribuţie;
- instalaţii de iluminat exterior;
- instalaţii electrice interioare;

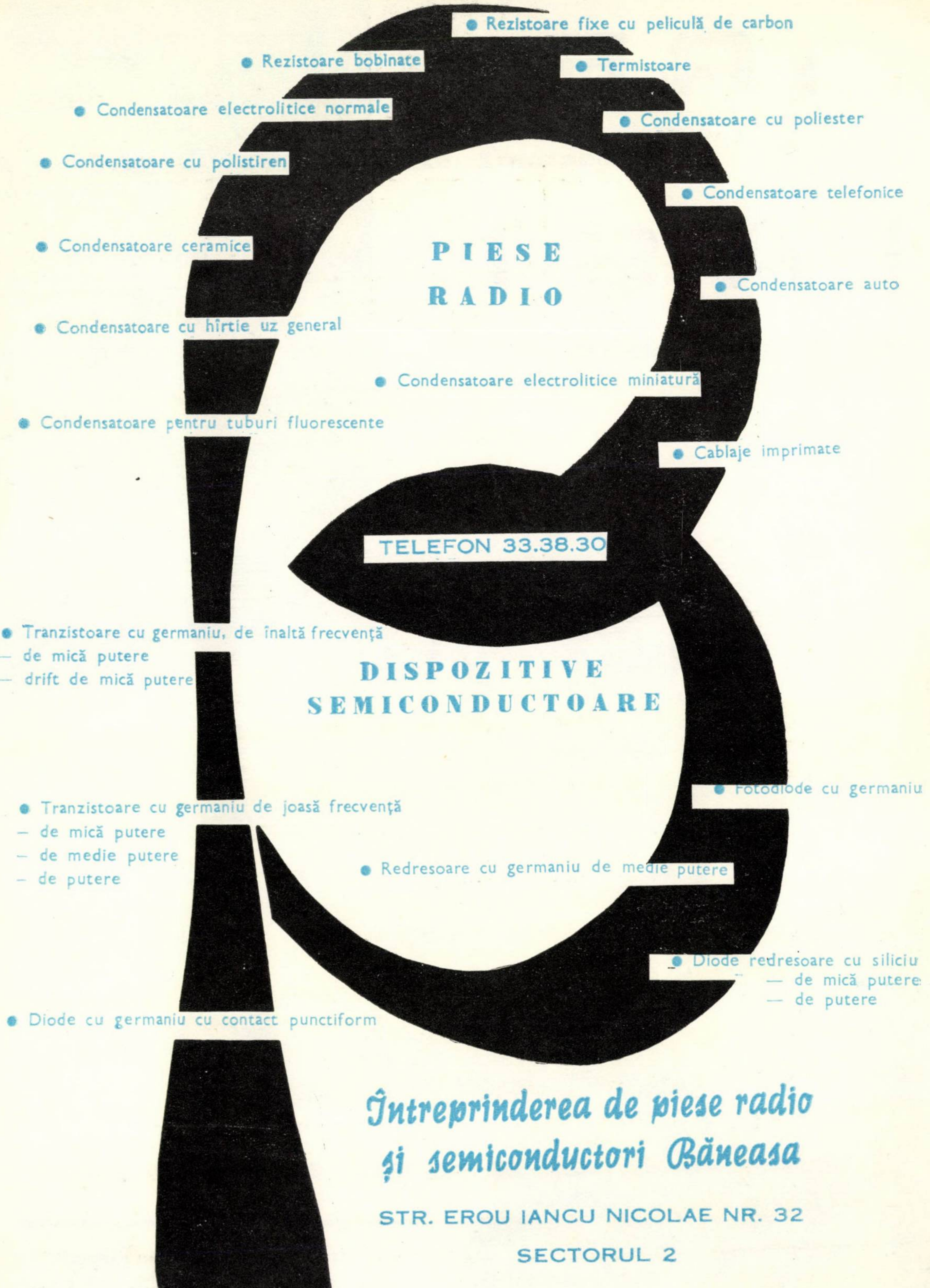
Asigură buna deservire a consumatori de energie electrică din sectorul industri agricol şi casnic din regiune;

Efectuează încercări profilactice la a ratajul electric şi verificări de protecţii relee.



ÎNTREPRINDEREA DE REŢELE ELECTRICE IAŞI

Adresaţi-vă serviciilor de specialitate ale întreprinderii, care vă stau la dispoziţie pentru rezolvarea în cele mai bune condiţii tehnice şi economice a tuturor problemelor privind alimentarea cu energie electrică.



PIESE RADIO

- Rezistoare fixe cu peliculă de carbon
- Rezistoare bobinate
- Termistoare
- Condensatoare electrolitice normale
- Condensatoare cu poliester
- Condensatoare cu polistiren
- Condensatoare telefonice
- Condensatoare ceramice
- Condensatoare auto
- Condensatoare cu hîrtie uz general
- Condensatoare electrolitice miniatură
- Condensatoare pentru tuburi fluorescente
- Cablaje imprimate

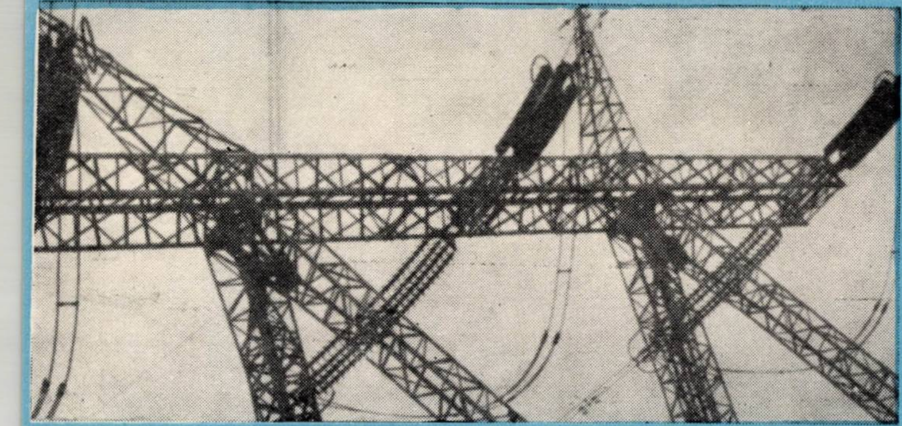
TELEFON 33.38.30

DISPOZITIVE SEMICONDUCTOARE

- Tranzistoare cu germaniu, de înaltă frecvență
  - — de mică putere
  - — drift de mică putere
- Fotodiode cu germaniu
- Tranzistoare cu germaniu de joasă frecvență
  - — de mică putere
  - — de medie putere
  - — de putere
- Redresoare cu germaniu de medie putere
- Diode redresoare cu siliciu
  - — de mică putere
  - — de putere
- Diode cu germaniu cu contact punctiform

Întreprinderea de piese radio
și semiconductori Băneasa

STR. EROU IANCU NICOLAE NR. 32
SECTORUL 2



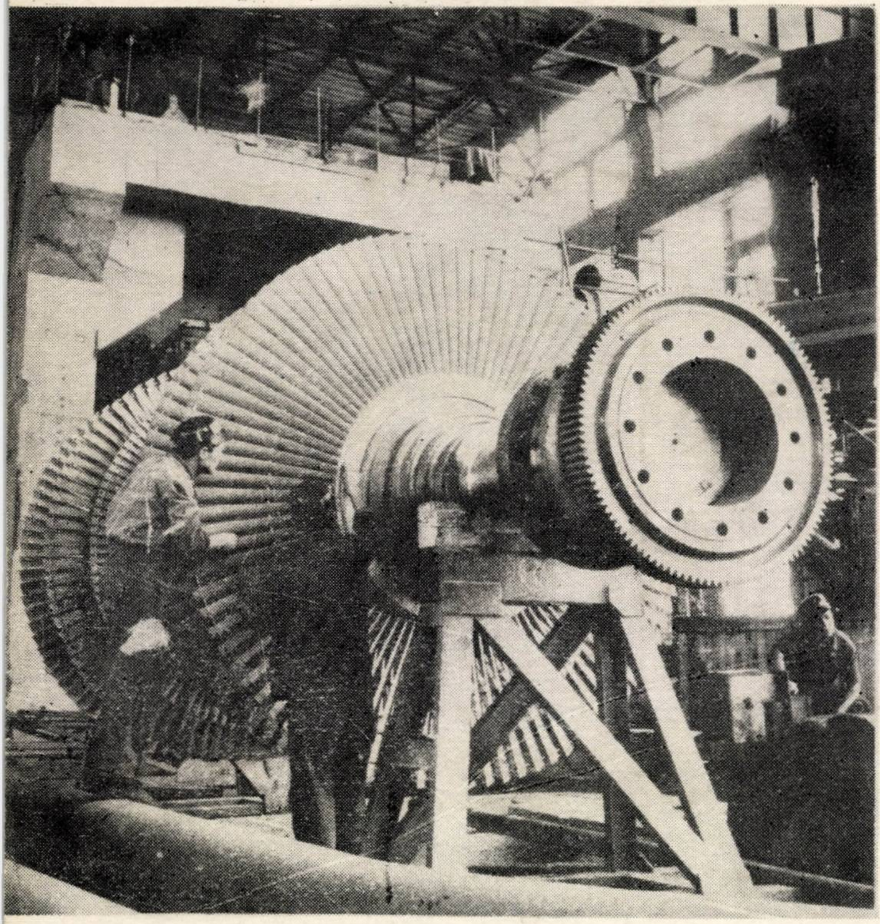
Execută lucrări de montaje electrice pentru sisteme electroenergetice şi reţele electrice :

- linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV;
- staţii de transformare de 35-400 kV;
- reţele de iluminat public;
- linii electrice de distribuţie de înaltă şi medie tensiune;
- staţii de distribuţie pentru orice mărime şi raport de transformare;
- linii electrice în cabluri subterane şi subfluviale pînă la 110 kV;
- electrificări rurale.

Lucrările de montaje electrice se execută de către Intreprinderea Electromontaj-Bucureşti, prin procedee tehnologice moderne, de înaltă productivitate, în durate minime de timp şi la un înalt grad de calitate.

INTREPRINDEREA
ELECTROMONTAJ
BUCUREŞTI str. Candiano Popescu nr. 1

ÎNTREPRINDEREA
Energomontaj



1971 SEP 2 9

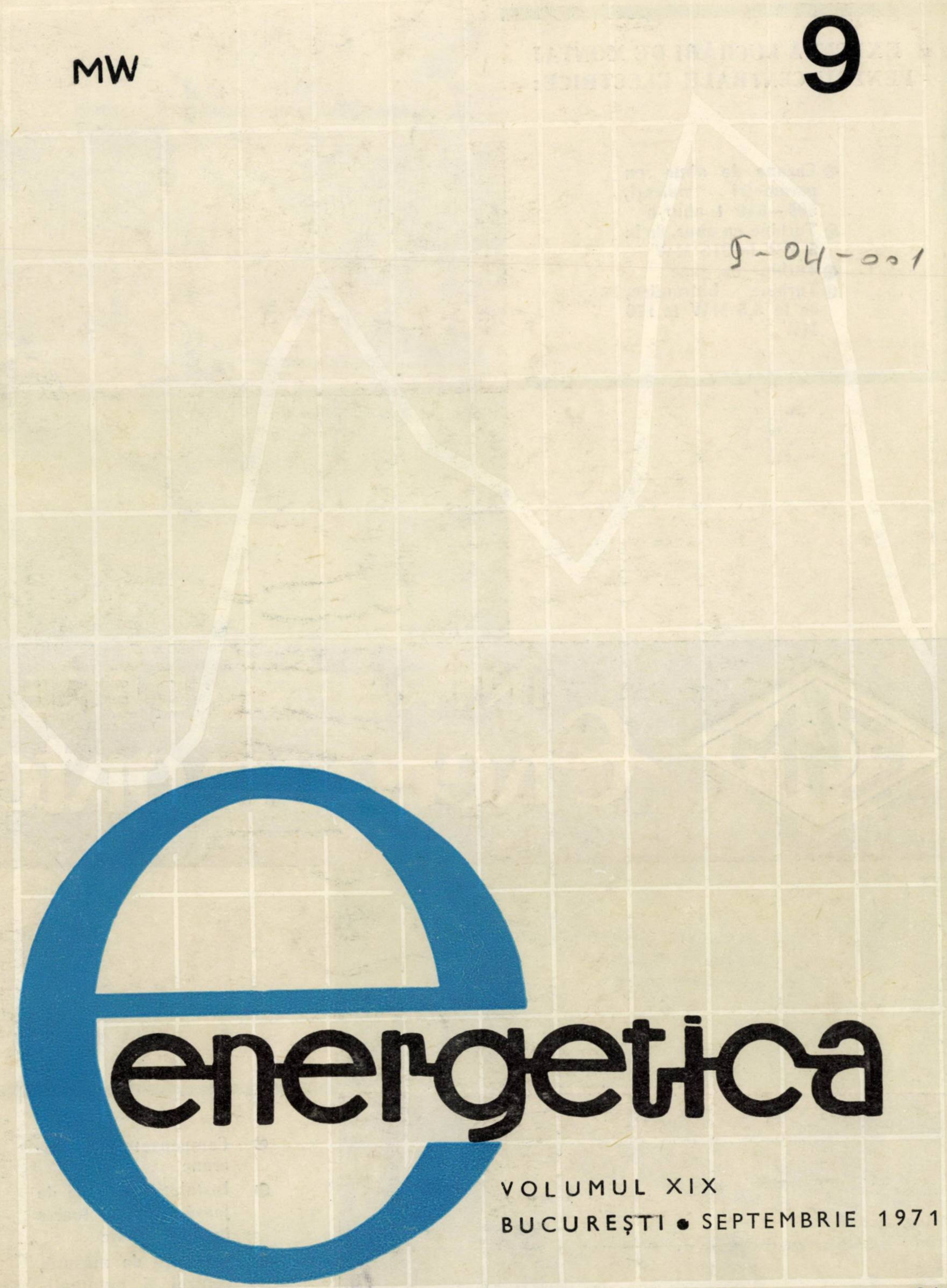
EXECUTĂ LUCRĂRI DE MONTAJ
PENTRU CENTRALE ELECTRICE:

- Cazane de abur cu parametri ridicaţi, de la 500 t abur/h pînă la 640 t abur/h
- Turbine cu abur, de la 5 MW la 315 MW
- Turbine cu gaze
- Turbine hidraulice, de la 5,5 MW la 170 MW
- Compensatoare sincrone
- Instalaţii termomecanice auxiliare ale centralelor termoelectrice şi echipament hidromecanic
- Instalaţii electrice de joasă, înaltă şi foarte înaltă tensiune
- Instalaţii de măsură, control şi automatizare

ÎNTREPRINDEREA ENERGOMONTAJ
Calea Dorobanţilor 105

E 2039

9


MW
0
6
12
18
24

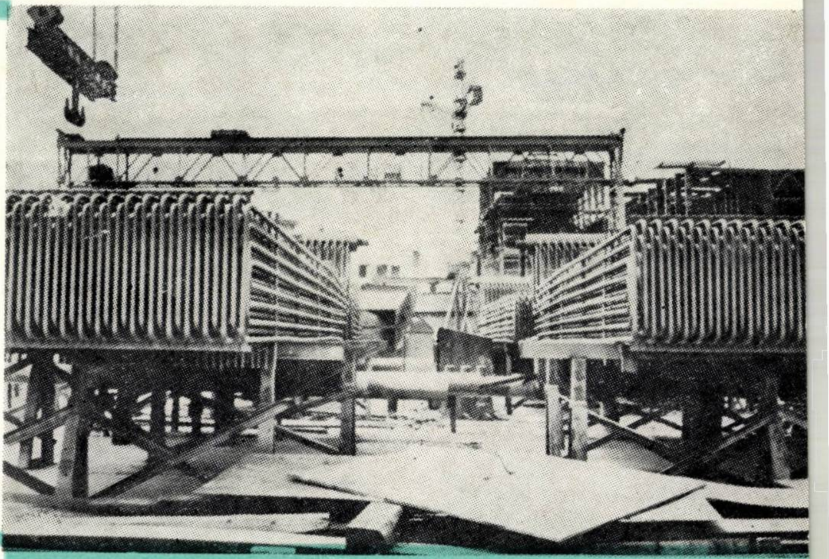
5-04-001

energetica

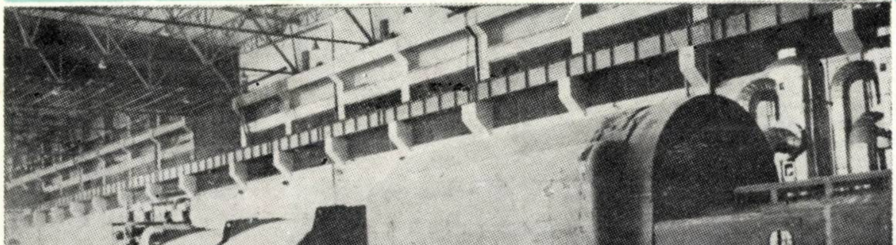
VOLUMUL XIX
BUCUREȘTI • SEPTEMBRIE 1971

EXECUTĂ LUCRĂRI DE MONTAJ
PENTRU CENTRALE ELECTRICE:

- Cazane de abur cu parametri ridicaţi, 500–640 t abur/h
- Turbine cu abur, de la 5 MW la 315 MW
- Turbine cu gaze
- Turbine hidraulice, de la 5,5 MW la 170 MW



ÎNTREPRINDEREA
Energomontaj



- Compensatoare sincrone
- Instalaţii electrice de joasă, înaltă şi foarte înaltă tensiune
- Instalaţii de măsură, control şi automatizare

Întreprinderea Energomontaj
Bucureşti, Cal. Dorobanţilor nr. 105

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

ANUL 1971 Nr. 9 Septembrie

Cuprinsul

		Pag.
Vlădea, I., Barbu, V., Oancea, N. D., Negru, D., Iorga, D. şi Jădăneanţu, M.	**Influenţa temperaturilor de intrare ale apei şi aerului asupra funcţionării turnurilor de răcire în contracurent sistem pelicular**	421–424
Oancea, N. D. şi Jădăneanţu, M.	**Studiu comparativ al metodelor de calcul al turnurilor de răcire în contracurent**	424–431
Nicu, Vl.	**Variaţia randamentului global al unei centrale electrice de termoficare în cazul reducerii consumului pompelor de circulaţie a apei de răcire**	432–433
Grigoriu, G.	**Preocupări în direcţia introducerii prelucrării automate a datelor în sistemul informaţional al M.E.E.**	434–441
Iordănescu, I., Moraile, G. şi Velicu, Şt.	**Aspecte ale comportării motoarelor de mare putere în regimuri dinamice ale serviciilor interne ale marilor generatoare**	441–448
Pantelimon, L. şi Dăbuleanu, Al.	**Alegerea parametrilor regulatoarelor automate de tensiune în regim dinamic**	449–453
Sabău, I.	**Miscibilitatea uleiurilor de transformator**	454–457
Grăniceanu, M.	**Principii ale tarifării energiei electrice şi a căldurii**	458–461
Cosma, Gh.	**Metodă de măsurare a coeficienţilor debitmetrici relativi $\widetilde{K}$ ai turbinelor unei centrale hidroelectrice**	462–469

CRONICĂ

RECENZII

INFORMAŢII

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. ing. I. D. STĂNCESCU, redactor responsabil ing. G. IORGULESCU, redactor responsabil adjunct, conf. ing. I. A. BADEA, ing. ST. BERENGHI, conf. ing. A. COGĂLNICEANU, dr. ing. P. DIMO, membru corespondent al Academiei Republicii Socialiste România, laureat al Premiului de Stat, ing. H. FURTUNESCU, ing. P. IFTIME, ing. L. LUCA, ing. B. MARCU, dr. ing. A. MĂCRIŞ, conf. ing. C. MIHĂILEANU, prof. dr. ing. V. I. NITU, ing. A. SPÎNU, ing. R. ZANE

OFICIUL DE DOCUMENTARE ENERGETICĂ

ÎNTRE 14 şi 20 OCTOMBRIE 1971
va avea loc pe noul teren al tîrgului cel de-al 5-lea Congres cu expoziţie pentru automatica şi tehnica măsurătorilor. Această manifestare reprezintă centrul întrunirilor din domeniul automaticii şi tehnicii măsurătorilor pentru cercetare, dezvoltare, industrie şi economie.

Pentru informaţii adresaţi-vă : DÜSSELDORFER MESSEGESELLSCHAFT mbH—NOWEA—4 Düsseldorf, Messegelände, tel. 4.40.41 Arbeitsgemeinschaft INTERKAMA, 4 Düsseldorf, Duisburger str. 1-a, tel. 48.88.60

INTERKAMA'71

Interkama'71 Düsseldorf

PUBLICOM

Revista „ENERGETICA" — organ al Ministerului Energiei Electrice şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R.S. România (CNIT). Redacţia: Bucureşti, str. Galaţi nr. 5—7, Sectorul II. Tel. 136683, 130053. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinete tehnice în contul nostru de virament nr. 30.01 01.00 B.N.R.S.R. — Sectorul VI. Tarif pentru întreprinderi lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri lei 30 anual. Preţul unui exemplar lei 5

Taxele poştale plătite în numerar conform aprobării D.G.P.T. nr. 10.1095, 1967

I.P.I. c. 2603

41 401

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.175.3

Влэдя, И., Барбу, В., Оанча, Н.Д., Негру, Д., Иорга, Д. и *Жедэнянцу, М.* : **Влияние входных температур воды и воздуха на работу противоточных градирень пленочного типа**

В работе приводятся результаты опытов, выполненных на лабораторной градирне с охлаждающей мощностью 65 квт при штандартных условиях воздуха (27°C и 57 %).

Energetica 19 (1971), № 9, стр. 421–424

ДК 621.311.22:624.97.001.2

Оанча, Н. Д. и *Жэдэнеанцу, М.*: **Сравниелтьное изучение методов расчета противоточных охлаждающих градирень**

Energetica 19 (1971), № 9, стр. 424–431

ДК 621.311.22.004.15

Владимир, Н.: **Изменения общего к.п.д. ТЭЦ при снижении расхода цирканасосов**

На основании наблюдений за эксплуатацией теплофикационных турбин, автор рассматривает экономическую целесообразность отключений циркнасосов конденсационной установки.

Energetica 19 (1971), № 9. стр. 432–433

ДК 681.3 :621.31

Григориу, Г.: **Вопросы по применению автоматической обработки данных в информационной системе Министерства Электроэнергии**

Работа содержит обзор главных понятий по информатике и приводит актуальные ворпосы по улучшению информационной системы Министерства Электроэнергии.

Energetica 19 (1971) № 9, стр. 434–441

ДК 621.313.333.004.13

Иордэнеску, И., *Мораите, Г.* и *Велику, Ст.*: **О работе мощных моторов в динамических режимах собственных нужд мощных генераторов**

Рассматриваются новые вопросы в связи с собственными нуждами мощных современных генераторов в целях обеспечения бесперебойной работы этих собственных нужд.

Energetica 19 (1971), № 9, стр. 441–448

ДК 621.316.722

Пантелимон, Л. и *Дэбуляну, Ал.*: **Соображения по выбору параметров автоматических регуляторов напряжения в динамическом режиме**

Приводится оптимизация параметров автоматического регулятора напряжения путем параметрических расчетов, выполненных на аналоговой ЭВМ.

Energetica 19 (1971), № 9, стр. 449–453

ДК 621.315.615.22

Сабэу, И. : **Смешиваемость трансформаторных масел**

На основании теоретических соображений и аналитических расчетов приводятся практические указания по способу пополнения маслом рабочих трансформаторов в целях избежания эксплуатационных неполадок из-за качественных недостатков.

Energetica 19 (1971), № 9, стр. 454–457

ДК 658.97.03:697.34:621.31

Грэничану, М.: **Принципы установления тарифа по элетроэнергии и теплу в нашей стране**

Автор рассматривает главные изменения имеющие место в последние годы в структуре энергетической системы и которые обуславливают пересмотрение настоящей системы тарифов электроэнергии и тепла.

Energetica 19 (1971), № 9, стр. 458–461

ДК 621.22.018.1:621.311.21

Косма, Г.: **Метод измерений относительных коэффициентов расхода К турбин ГЭС**

Предлагается метод для возможности учета при распределении мощности между турбинами гидроэлетростанций путем применения теории относительных изменений, неравномерностей между кривыми кпд турбин.

Energetica 19 (1971), № 9, стр, 462–469

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.175.3

Vlădea, I., Barbu, V., Oancea, N. D., Negru, D., Iorga, D. und *Jădăneanțu, M.* : **Einfluss der Eingangstemperaturen von Wasser und Luft auf den Betrieb von Gegenstromkühltürmen mit filmartigen Abfluss**

Es werden die in einem Labor- Versuchskühlturm erzielten Ergebnisse erörtert, dessen Kühlleistung bei normalen Luftbedingungen (27^{0}C und $\varphi = 57\%$) 65 kW entsprechen.

Energetica 19 (1971), H. 9, S. 421–424

DK 621.311.22:624.97.001.2

Oancea, N.D. und *Jădăneanțu, M.*: **Vergleich des Berechnungsverfahren für Kühltürme mit Gegenstrom**

Energteica 19 (1971), H. 9, S. 424–431

DK 621.311.22.004.15

Vladimir, N. : **Anderung des Gesamtwirkungsgrads eines Industriekraftwerkes durch Beeinflussung der Betriebskosten der Kühlwasserumlaufpumpen**

Auf Grund von Beobachtungen des Betriebs von Fernheizturbinen untersucht der Verfasser die Wirtschaftlichkeit der Unterbrechung des Betriebs von Kühlwasserpumpen bei Dampfkondensationsanlagen.

Energetica 19 (1971), H. 9, S. 432–433

DK 681.3 :621.31

Grigoriu, G. : **Fragen in Zusammenhang mit der Einführung automatischer Datenverarbeitung in das Informationssystem des Ministeriums für Elektroenergie**

Der Aufsatz enthält eine Übersicht der wichtigeren Begriffe der Informationstheorie sowie eine Beschreibung der gegenwärtigen Bemühungen für Verbesserung des Informationssystems des Ministeriums für Elektroenergie.

Energetica 19 (1971), H. 9, S. 434–441

DK 621.313.333.004.13

Iordănescu, I., *Moraite, G.* und *Velicu, St.* : **Merkmale des dynamischen Verhaltens grosser Motoren aus Eigenverbrauchsanlagen von Kraftwerken**

Es werden einige neue Fragen untersucht, welche in Zusammenhang mit dem Dauerbetrieb der Eigenverbrauchsanlagen moderner grosser Turbinensätze auftreten.

Energetica 19 (1971), H. 9, S. 441–448

DK 621.316.722

Pantelimon, L. und *Dăbuleanu, Al.* : **Betrachtungen über die Auswahl der Parameter automatischer Spannungsregler bei dynamischen Betrieb**

Optimalauslegung der Parameter automatischer Spannungsregler vermittels von analogen Rechneranlagen ausgeführter Berechnungen.

Energetica 19 (1971), H. 9, S. 449–453

DK 621. 315.615.22

Sabău, I. : **Mischbarkeit von Transformatorenölen**

Auf Grund theoretischer Erwägungen und analytischer Ermittlungen werden praktische Richtlinien für die Bedingungen ausgearbeitet, unter denen die Nachfüllung von Öl in Transformatoren stattzufinden hat, zwecks Vermeidung von Unannehmlichkeiten im Betrieb infolge qualitativer Mängel.

Energetica 19 (1971), H. 9, S. 454–457

DK 658.97.03 :697.34 :621.31

Grăniceanu, M. : **Grundlagen der Tarife für Elektroenergie und Wärme in Rumänien**

Der Verfasser stellt die in den letzten Jahren im Erfüge des Landesverbundnetzes erfolgten wichtigeren Wandlungen dar, welche eine Überprüfung des gegenwärtigen Tarifsystems für elektrische Energie und für Wärme hervorrufen.

Energetica 19 (1971), H. 9, S. 458–461

DK 621.22.018.1 :621.311.21

Cosma, Gh. : **Ein Berechnungsverfahren des relativen Mengenmessbeiwertes *K* für Wirkungsgradmessungen von Wasserturbinen**

Es wird ein Verfahren vorgeschlagen, welches ermöglicht, bei Verteilung der Leistung unter den Turbinen eines Wasserkraftwerkes die Ungleichkeit des Wirkungsgrads der Turbinen vermittels Ausdehnug der Theorie der relativen Messungen in Rechnung zu setzen.

Energetica 19 (1971),H. 9, S. 462–469

KÖNYVTÁR ÉS
CIÓS KÖZPONT
1883

SOMMAIRE

CD 621.175.3

Vlădea, I., Barbu, V., Oancea, N. D., Negru, D., Iorga, D. et Jădăneanțu, M. : **L'influence des températures d'entrée de l'eau et de l'air sur le fonctionnement des tours de réfrigération de type pelliculaire**

L'article présente les résultats obtenus à la suite d'expériences de laboratoire avec une tour de réfrigération ayant une capacité de refroidissement de 65 kW dans les conditions standard de l'air (27°C et $\varphi = 57$ %).

Energetica, 19 (1971), nr. 9, p. 421–424

CD 621.311.22:624.97.001.2

Oancea, N. D. et *Jădăneanțu, M.* : **Etude comparative des méthodes de calcul pour tours de réfrigération à contrecourant**

Energetica 19 (1971), nr. 9, p. 424–431

CD 621.311.22.004.15

Nicu, Vl. : **La variation du rendement général d'une centrale à production combinée chaleur/force en cas de réduction de la consommation des pompes d'eau de réfrigération**

A la suite d'observations faites sur l'exploitation des turbines avec soutirages, l'auteur examine du point de vue économique l'arrêt des pompes d'eau de réfrigération de l'installation de condensation de la vapeur.

Energetica 19 (1971), nr. 9, p. 432–433

CD 681.3 :621.31

Grigoriu, G. : **Quelques problèmes concernant l'introduction du traitement automatique des données dans le système d'information du Ministère de l'Energie Electrique**

Cet article offre une synthèse des notions principales de l'information et esquisse les idées actuelles sur l'amélioration du système informationnel du Ministère de l'Energie Electrique.

Energetica 19 (1971), nr. 9, p. 434–441

CD 621.313.333.004.13

Iordănescu, I., Moraite, G. et *Velicu, St.* : **Quelques aspects du comportement des moteurs de grande puissance sous régime dynamique des services auxiliaires des grands alternateurs**

Les auteurs examinent quelques problèmes nouveaux posés par les services auxiliaires permanents des grandes machines modernes.

Energetica 19 (1971), nr. 9, p. 441–448

CD. 621.316.722

Pantelimon, L. et *Dăbuleanu, Al.* : **Considérations sur le choix des paramètres des régulateurs automatiques de tension sous régime dynamique**

Il s'agit de l'optimisation des paramètres du régulateur automatique de tension, faite à l'aide d'un calculateur analogique.

Energetica 19 (1971), nr. 9, p. 449–453

CD 621.315.615.22

Sabău, I. : **La miscibilité de l'huile pour transformateurs**

A base de considérations théoriques et de déterminations analytiques, l'auteur établit des indications pratiques concernant les conditions dans lesquelles on peut ajouter de l'huile dans les transformateurs de service afin d'éviter un fonctionnement défecteux dû à la qualité de l'huile.

Energetica 19 (1971), nr. 9, p. 454–457

CD 658.97.03 :697.34 :621.31

Grăniceanu, M. : **Les principes de l'établissement des tarifs pour l'électricité et la chaleur en Roumanie**

L'auteur publie les changements principaux survenus pendant les dernières années dans la structure du système énergétique qui exigent la révision du système actuel d'établissement des tarifs pour l'électricité et la chaleur.

Energetica 19 (1971), nr. 9, p. 458–461

CD 621.22.018.1 :.621.311.21

Cosma, Gh. : **Une méthode de calcul servant à mesurer les coefficients débitmétriques relatifs $\widetilde{K}$ des turbines d'une usine hydro-électrique**

L'auteur propose une méthode permettant de prendre en considération, pour distribuer la puissance entre les turbines d'une usine hydro-électrique, la non-égalité entre les courbes de rendement des turbines par l'extension de la théorie des mesures relatives.

Energetica 19 (1971), nr. 9, p. 462–469

CONTENTS

DC 621.175.3

Vlădea, I., Barbu, V., Oancea, N. D., Negru, D., Iorga, D. and *Jădăneanțu, M.* : **Thie nfluence of air and water inflow temperatures on the operation of cooling towers with film-type water flow**

The authors publish the results obtained from tests made with a laboratory-type cooling tower with a cooling capacity of 65 kW under standard air conditions (27°C and $\varphi = 575$ %).

Energetica 19 (1971), nr. 9, p. 421–424

CD 621.311.22:624.97.001.2

Oancea, N. D. and *Jădăneanțu, M.* : **Comparative study on calculation methods for counter-draft cooling torvers**

Energetica 19 (1971), nr. 9, p. 424–431

DC 621.311.22.004.15

Nicu, Vl. : **Variation of the overall efficiency of a combined heat and power production plant following a consumption cut-down for cooling water pumps**

Following observations made on the operation of extraction turbines, the author examines the economic reasons for the stopping of the cooling water pumps in the steam condensing installation.

Energetica 19 (1971), nr. 9, p. 432–433

DC 681.3 :621.31

Grigoriu, G. : **Questions regarding the introducing of automatic data-processing in the informational system of the Ministry of Electric Energy**

This is a synthesis of the main notions on informatics and an outline of the present concern regarding the improfing of the informational system of the Ministry of Electric Energy.

Energetica 19 (1971), nr. 9, p. 434–441

DC 621.313.333.004.13

Iordănescu, I., Moraite, G. and *Velicu, St.* : **Some aspects of the behaviour of high-power motors under transient state conditions of large machine auxiliaries**

The authors examine the new problems raised by the permanent operation of the auxiliary services of some modern large machines.

Energetica, 19 (1971), nr. 9, p. 441–448

DC 621.316.722

Pantelimon, L. and *Dăbuleanu, Al.* : **Some considerations on the selection of the parameters of automatic voltage governors under transient conditions**

This is an attempt at the optimisation of the parameters of the automatic voltage governor by means of calculations carried out with an analogic computer.

Energetica. 19 (1971), nr. 9, p. 449–453

DC 621.315.615.22

Sabău, I. : **The mixability of transformer oils**

Based on theoretical considerations and analytic determinations, practical guidelines are given here, regarding the conditions to be fulfilled when adding oil to fill-up transformers, so as to avoid failures due to quality defficiencies.

Energetica, 19 (1971), nr. 9, p. 454–457

DC 658.97.03 :697.34 :621.31

Grăniceanu, M. : **Principles for the calculation of heat and electricity tariffs in Romania**

The author presents the main changes which occurred during the last years in the structure of the power system and call for the revision of the present system of establishing tariffs for electricity and heat.

Energetica 19 (1971), nr. 9, p. 458–461

DC 621.22.018.1 :621.311.21

Cosma, Gh. : **A method for calculating relative flowmetric coefficients $\widetilde{K}$ for the turbines in a hydroelectric power station**

The author proposes a method allowing to consider for the distribution of power on the turbines in a hydroelectric plant, the non-equality between the efficiency curves of the turbines by expanding the theory of relative measurements.

Energetica, 19 (1971), nr. 9, p. 462–469

Influenţa temperaturilor de intrare ale apei şi aerului asupra funcţionării turnurilor de răcire în contracurent sistem pelicular

Prof. dr. ing. **I. Vlădea**, prof. dr. ing. **V. Barbu**, ing. **N. D. Oancea**, ing. **D. Negru**, ing. **D. Iorga**, ing. **M. Jădăneanţu***)

În lucrarea de faţă s-a căutat să se studieze influenţa a diferiţi factori asupra funcţionării unui turn de răcire cu contact direct între apă şi aer, în cazul curgerii celor două fluide *în contracurent*. Apa se prelinge descendent în pelicule, pe suprafeţele unor plăci plane de azbociment, iar aerul trece ascendent prin spaţiul dintre plăci, fiind insuflat în turn cu ajutorul unui ventilator. Fiind vorba de o instalaţie de laborator, s-a luat măsura ca să se poată menţine constanţi în timpul unei serii de determinări toţi parametrii, în afară de cel în funcţie de care se măsoară în acel moment caracteristica interesantă.

Lucrarea a format obiectul unei convenţii de colaborare cu un institut de proiectări şi de aceea poartă amprenta cerinţelor de cunoaştere ale acestuia.

1. Descrierea instalaţiei

În figura 1 este redată schema instalaţiei de laborator realizată în cadrul laboratorului de schimbătoare de căldură al Catedrei de termotehnică de la Institutul politehnic Timişoara. Ea constă din turnul de răcire *1*, construit din tablă de fier bine vopsită, avînd secţiunea pătrată de $0{,}8 \times 0{,}8 = 0{,}64\ \text{m}^2$. În interiorul lui se află plăcile plane de azbociment *2*, dispuse la distanţele indicate în tema de cercetare. Aceste plăci au suprafaţa de $1{,}975 \times 0{,}770 \approx 1{,}521\ \text{m}^2$. În cazul în care distanţa dintre plăci a fost $\delta = 25$ mm, s-au montat în turn 25 de plăci, suprafaţa totală de prelingere fiind:

$$S_p = 1{,}520 \times 2 \times 25 \approx 76{,}1\ \text{m}^2.$$

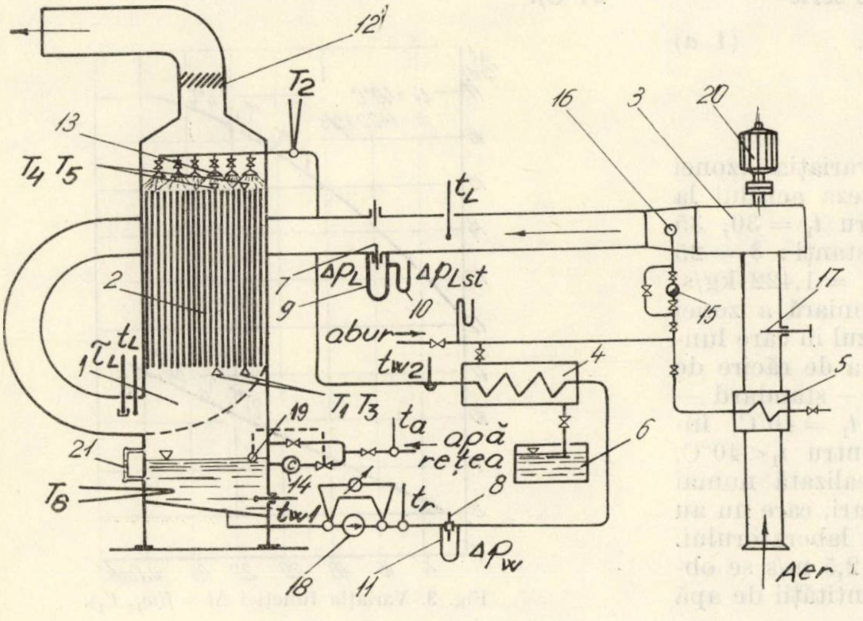


Fig. 1. Schema instalaţiei.

Aerul este insuflat în turn de ventilatorul *3*, fiind încălzit în recuperatorul *5* prin apă caldă — abur şi umidificat prin umidificatorul cu abur *15*. Debitul de aer s-a determinat cu diafragma *7*, dispusă pe o porţiune reglementar dreaptă a conductei.

Apa caldă, preparată cu abur în schimbătorul *4*, este stropită deasupra plăcilor cu ajutorul stropitoarelor de duş *13*. Apa rece este colectată în bazinul *21*, iar debitul de apă se măsoară cu diafragma dublă *8*. Flotorul *19* comandă un robinet pentru compensarea pierderilor prin apa evaporată şi cea antrenată. Prin contorul de apă *14* se măsoară adaosul de apă proaspătă. În partea superioară a turnului s-a montat reţinătorul de stropi *12*.

Cu ajutorul unui psihrometru se măsoară temperatura şi umiditatea aerului introdus în turn, iar cu termocuplele T_4, T_5 şi T_6 temperatura apei calde şi reci. Aceste temperaturi se mai măsoară şi cu termometrele T_1, T_2 şi T_3. Temperatura aerului la ieşirea din turn nu a putut fi determinată, deoarece, în cazul tuturor determinărilor, aerul a fost saturat cu umiditate în această regiune; deci tempertura care s-ar fi determinat ar fi fost cea a termometrului umed τ_2, şi nu cea a termometrului uscat t_2'.

2. Determinări experimentale

Prin determinările efectuate s-a urmărit, în primul rînd, determinarea căldurii globale Q, schimbată de apă şi aer în diferite condiţii de funcţionare.

Determinările s-au făcut pentru diferite debite de aer şi de apă. În timpul unei determinări singulare s-au menţinut constanţi următorii parametri:

---

*) Autorii lucrează la Catedra de termotehnică a Institutului politehnic Timişoara.

— debitul de apă caldă, $\dot{m}$;

— temperatura apei calde, t_1;

— debitul masic de aer condiţionat, $\dot{m}_L$;

— temperatura şi umiditatea aerului la intrare, t'_1 şi φ_1.

Într-o serie de determinări a fost variat de 6—8 ori debitul de aer $\dot{m}_L$. S-au efectuat, în cadrul lucrării de faţă, următoarele serii de determinări:

— la temperatura de intrare a apei $t_1 = 30$, 35 şi 40°C;

— la temperatura de intrare a aerului (cuplu de valori) $t'_1 = 27°C$ şi $\tau_1 = 20{,}5°C$, corespunzînd umidităţii relative $\varphi = 55\%$, precum şi $t'_1 = 10°C$ şi $\tau_1 = 6°C$, corespunzînd umidităţii relative $\varphi = 54\%$;

— la distanţa între plăci $\delta = 25$ mm;

— la debitul de apă corespunzător unei densităţi a ploii $q_w = 2{,}\ 222$ kg/m². s, ceea ce revine la un debit efectiv de apă $\dot{m}_w = 8000 \times 0{,}64 = 1{,}422$ kg/s.

Cu ajutorul mărimilor obţinute au fost calculate:

— căldura schimbată de 1 m² suprafaţă de placă, Q/S_p;

— zona de răcire, Δt;

— coeficienţii de schimb de căldură, α, şi de schimb de substanţă, σ;

— cifra Merkel, Me.

Schimbul global de căldură Q s-a determinat din relaţia [1]:

$$Q = \dot{m}_w\ c(t_1 - t_2)\ [kW], \tag{1}$$

deoarece mărimile din această formulă au fost măsurate cu cele mai mici erori.

Cu valorile de mai sus se poate scrie

$$Q = 5{,}954\ \Delta t\ [\mathrm{kW}]. \tag{1 a}$$

3. Rezultatele măsurătorilor

În figura 2 se află trasată variaţia „zonei de răcire" Δt în funcţie de viteza aerului la intrarea printre plăci, w_1, pentru $t_1 = 30$, 35 şi 40°C, avînd ca parametri constanţi: $\delta = 25$ mm, $t'_1 = 27°C$, $\tau_1 = 20{,}5°C$ şi $\dot{m}_w = 1{,}422$ kg/s. Se observă o variaţie aproape liniară a zonei de răcire cu viteza aerului. În cazul în care lungimea plăcii este $\approx 2{,}\ 00$ m, zona de răcire de 10 grd — care este un fel de zonă — standard — poate fi realizată numai pentru $t_1 = 40°C$, începînd de la $w_1 = 1{,}8$ m/s. Pentru $t_1 < 40°C$, această zonă de răcire poate fi realizată numai cu viteze ale aerului mult mai mari, care nu au putut fi realizate cu ventilatorul laboratorului. De altfel, la viteze mai mari de 2,5 m/s se observă o creştere intolerabilă a cantităţii de apă antrenată de aer.

În figura 3 este trasată zona de răcire Δt în funcţie de w_1, dar numai pentru $t_1 = 40°C$, de data aceasta însă pentru $t'_1 = 10°C$ şi $\tau_1 = 6°C$. Se observă o creştere substanţială a valorii lui Δt pentru aceste temperaturi ale aerului. Pentru comparaţie a fost trasată şi curba corespunzătoare obţinută în cazul anterior. Zona standard de răcire poate fi obţinută acum şi pentru viteze ale aerului $w_1 < 1{,}0$ m/s.

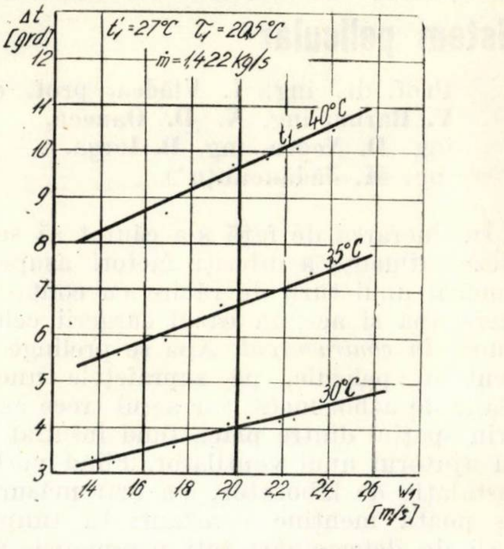


Fig. 2. Variaţia zonei de răcire $\Delta t = f(w_1,\ t_1)$

Cu aceste valori ale lui Δt au fost calculate valorile schimbului global de căldură de Q şi ale schimbului specific de căldură Q/Sp. Aceste mărimi au fost trasate în funcţie de w_1, pentru cele două regimuri ale temperaturii aerului, în figura 4, şi pentru cele trei regimuri ale temperaturii apei (ultimele numai pentru $t'_1 = 27°C$).

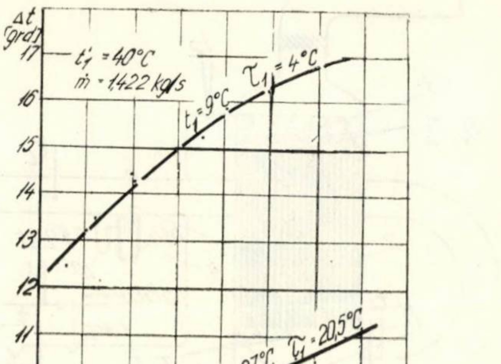


Fig. 3. Variaţia funcţiei $\Delta t = f(w_1,\ t'_1)$.

Cu ajutorul apei evaporate, dar mai ales admiţînd că $\sigma \cdot c_p = \alpha$, s-au putut determina valorile lui α şi σ, care au fost trasate în figura 5.

Se observă că valoarea acestor mărimi nu depinde de temperatura apei la intrare, t_1 (linia întreruptă este aceeaşi pentru $t_1 = 30°$ şi $t_1 = 35°C$), iar influenţa temperaturii aerului t'_1 se face simţită destul de puţin. Mărimile α şi σ depind însă de viteza aerului, w_1.

O caracteristică foarte interesantă pentru turnurile de răcire este şi raportul denumit după Spangemacher [2] ,,cifra Merkel'' :

$$\mathrm{Me} = f\frac{c \cdot \Delta t}{\Delta i_m} = \frac{\sigma \cdot S_p}{\dot{m}_w}, \tag{2}$$

unde f este un coeficient de corecţie prin care se ia în considerare curbura curbei de saturaţie,

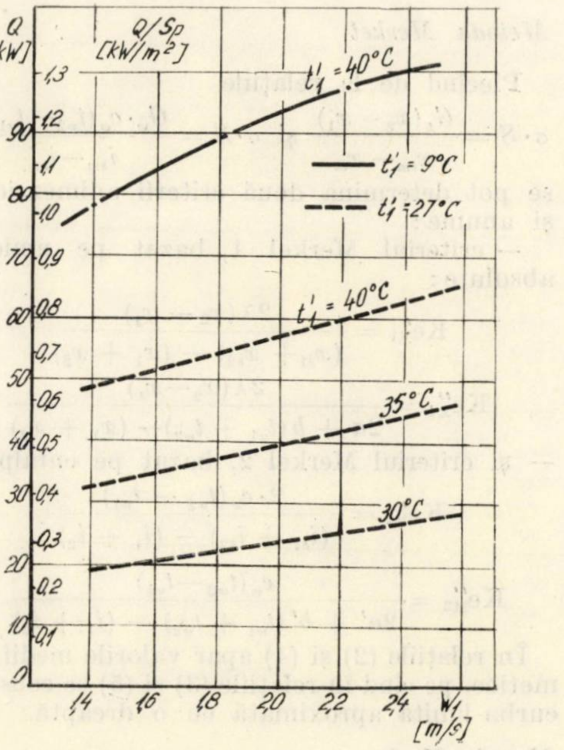


Fig. 4. Variaţia funcţiilor $Q = f(w'_1,\ t'_1,\ t_1)$ şi $Q/S_p = f(w_1\ t'_1, t_1)$.

iar c — căldura specifică a apei. Mărimea Δi_m reprezintă diferenţa medie de entalpie dintre aerul nesaturat şi cel de pe curba de saturaţie cu aceeaşi temperatură t'.

În figura 6 este trasată variaţia cifrei Merkel funcţie de debitul specific de aer :

$$\lambda = \frac{\dot{m}_L}{\dot{m}_w}\left[\frac{\mathrm{kg/s}}{\mathrm{kg/s}}\right]. \tag{3}$$

Se observă că cifra Merkel este puţin influenţată de temperatura apei t_1 şi chiar de temperatura aerului t'_1, dar creşte cu valoarea lui λ. Pentru regimul cu $t'_1 = 27°C$ şi $\tau_1 = 20{,}5°C$, se poate scrie :

$$\mathrm{Me} = (0{,}426 \pm 0{,}026) \cdot \lambda\ 0{,}575, \tag{4}$$

iar pentru regimul cu $t'_1 = 10°C$ şi $\tau_1 = 6°C$:

$$Me = (0{,}582 \pm 0{,}020) \cdot \lambda^{0{,}62}. \tag{5}$$

Din cele arătate se pot trage următoarele concluzii general valabile :

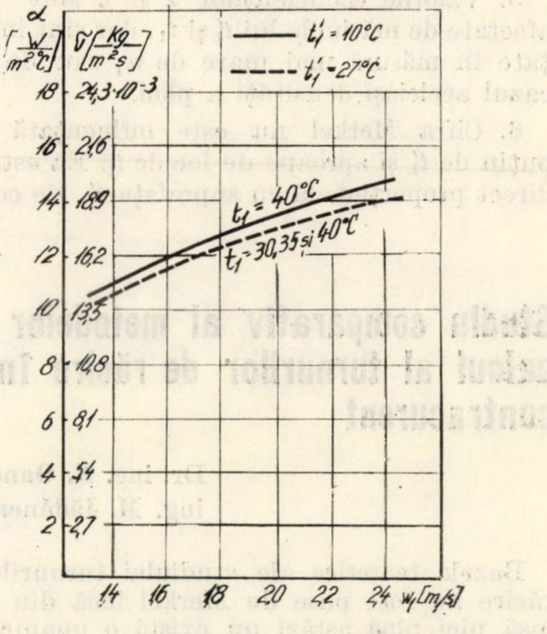


Fig. 5. Variaţia funcţiilor α şi $\tau = f(w_1,\ t_1,\ t'_1)$.

1. Prin dublarea vitezei aerului, zona de răcire creşte cu 56% în cazul cînd $t_1 = 30°C$, cu 49% în cazul cînd $t_1 = 35°C$ şi cu 39% cînd $t_1 = 40°C$.

2. Prin creşterea temperaturii de intrare a apei cu 5 grd, zona de răcire creşte în medie cu circa 3°.

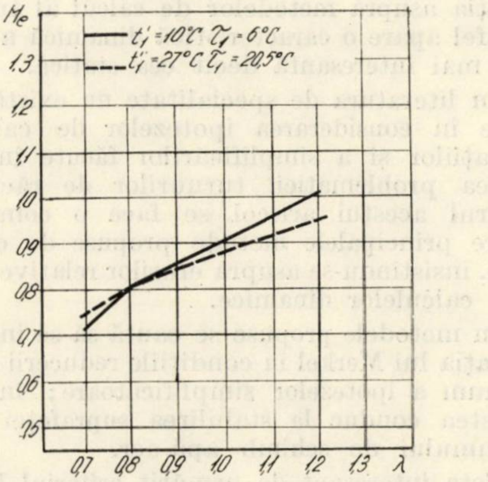


Fig. 6. Variaţia funcţiei $\mathrm{Me} = f(\lambda,\ t'_1)$.

3. Cum este şi firesc, zona de răcire creşte cu scăderea temperaturii aerului la intrare, dacă temperatura apei t_1 trămîne constantă. Pentru o scădere a lui t_1 de la 27°C pînă la circa

10°C, se observă însă o creștere alui Δt numai cu circa 6°, deci într-o proporție de circa 35%.

4. Aceleași lucruri se pot spune și despre Q și Q/S_p, dată fiind relația de proporționalitate $Q = \dot{m}_w \cdot c \cdot \Delta t$.

5. Valorile coeficienților α și σ sînt puțin afectate de mărimile lui t_1' și t_1, dar sînt influențate în măsură mai mare de w_1 sau de λ, în cazul aceleiași densități a ploii.

6. Cifra Merkel nu este influențată decît puțin de t_1' și aproape de loc de t_1. Ea este însă direct proporțională cu suprafața S_p de contact între apă și aer. În funcție de λ, creșterea lui Me nu este liniară.

Toate aceste concluzii sînt foarte importante pentru dimensionarea corectă a turnurilor de răcire cu prelingere și tiraj forțat. În cazul tirajului natural, curbele trasate mai sus vor trebui extrapolate spre viteze mai mici.

Bibliografie

[1] Vlădea, I. *Instalații și utilaje termice.* Editura tehnică, București, 1965.

[2] Spangemacher, K. *Anwendung neuer Forschungsergebnisse über den Wärme-und Stoffübergang auf Ventilatorkühltürme.* BWK, nr. 7, 1958.

(Articol intrat în redacție la 27 ianuarie 1971

◆

Studiu comparativ al metodelor de calcul al turnurilor de răcire în contracurent

Dr. ing. **N. Oancea** și
ing. **M. Jădăneanțu** *)

Bazele teoretice ale studiului turnurilor de răcire au fost puse de Merkel încă din 1924, însă nici pînă astăzi nu există o unanimitate asupra metodelor de calcul al acestora și nici asupra potențialelor care generează procesele. În cazul centralelor termoelectrice mari interesează economicitatea funcționării turnului în condiții termice variabile. Turnul de răcire făcînd joncțiunea dintre ciclul Clausius-Rankine și mediul ambiant, ambele cu importante variații în timp, trebuie să asigure pentru fiecare pereche de regimuri o funcționare cît mai economică, ceea ce modifică radical concepția asupra metodelor de calcul al turnului. Astfel apare o caracteristică dinamică a turnului mai interesantă decît cea statică.

În literatura de specialitate nu există egalitate în considerarea ipotezelor de calcul, a notațiilor și a simplificărilor făcute în rezolvarea problematicii turnurilor de răcire. În cadrul acestui articol se face o comparație între principalele metode propuse de cercetători, insistîndu-se asupra erorilor relative și asupra calculelor dinamice.

În metodele propuse se caută să se integreze ecuația lui Merkel în condițiile reducerii la minimum a ipotezelor simplificatoare; în final, acestea conduc la stabilirea suprafeței sau a volumului de schimb apă-aer.

Este interesant de urmărit criteriul Merkel, calculat de mai mulți autori, acesta scoțînd în evidență particularitățile fiecărei metode.

Metoda Merkel

Plecînd de la relațiile

$$\sigma \cdot S = \frac{G_L(x_2 - x_1)}{x_{sm} - x_m} \text{ și } \sigma \cdot S = \frac{G_w \cdot c_w (t_{w2} - t_{w1})}{i_{sm} - i_m} \tag{1}$$

se pot determina două criterii adimensionale, și anume :

— criteriul Merkel 1, bazat pe umidități absolute :

$$\mathrm{Ke}_{\mathrm{M1}}' = \frac{2\lambda(x_2 - x_1)}{(x_{s1} + x_{s2}) - (x_1 + x_2)} \tag{2}$$

$$\mathrm{Ke}_{\mathrm{M1}}'' = \frac{2\lambda(x_2 - x_1)}{2a + b(t_{w1} + t_{w2}) - (x_1 + x_2)} \tag{3}$$

— și criteriul Merkel 2, bazat pe entalpii

$$\mathrm{Ke}_{\mathrm{M2}}' = \frac{2 \cdot c_w (t_{w2} - t_{w1})}{(i_{s1} + i_{s2}) - (i_1 + i_2)} \tag{4}$$

$$\mathrm{Ke}_{\mathrm{M2}}'' = \frac{c_w (t_{w2} - t_{w1})}{2a' + b'(t_{w1} + t_{w2}) - (i_1 + i_2)} \tag{5}$$

În relațiile (2) și (4) apar valorile medii aritmetice, pe cînd în relațiile (3) și (5) se consideră curba-limită aproximată cu o dreaptă.

Metoda Koch

Criteriul Merkel se determină grafic pentru intervale finite de temperatură Δt_w cît mai mici :

$$\mathrm{Ke}_{\mathrm{K}} = \int_0^s \frac{c_w \cdot \mathrm{d}t_w}{i_s - i} \tag{6}$$

Metoda Sherwood

Criteriul Merkel se exprimă prin relația

$$\mathrm{Ke}_{\mathrm{Sh}} = \int_0^s \frac{\mathrm{d}i}{i_s - i}; \tag{7}$$

determinîndu-se, de asemenea, prin integrare grafică sau prin integrare tabelară, împărțind intervalul în mai mult părți.

Metoda Spangemacher

Această metodă introduce factorul de corecție f, deoarece presupune o alură parabolică a curbei de saturație. Astfel, criteriul Merkel ia forma

---

*) Dr. ing. Nicolae Oancea este conferențiar la Catedra de termotehnică a Institutului politehnic „Traian Vuia” din Timișoara; ing. Mihai Jădăneanțu este asistent la același institut.

$$\mathrm{Ke}_{\mathrm{S_p}} = f\cdot\frac{c_w\cdot\Delta t_w}{i_{sm}-i_m} = f\cdot\frac{2\lambda\cdot c_w\Delta t_w}{2\cdot\lambda\cdot i_{sm}-2\lambda\cdot i_1-c_w\cdot\Delta t_w}\cdot \tag{8}$$

Factorul f se poate determina analitic sau din nomograma trasată de autor.

Metoda Fuller

Presupunînd curba-limită ca fiind o funcție exponențială cu valoarea

$$i_s = \mathrm{e}^{1,77+0,025\cdot t_w}, \tag{9}$$

criteriul Merkel devine

$$\mathrm{Ke_F} = \frac{\Delta t_w}{3\cdot n}\left[\frac{1}{\mathrm{e}^{1,77+0,025\cdot t_{w2}}-\beta\cdot t_{w2}+c}+\right.$$
$$+\frac{1}{\mathrm{e}^{1,77+0,025\cdot(t_{w2}-y)}-\beta\cdot(t_{w2}-y)+c}+$$
$$+\frac{1}{\mathrm{e}^{1,77+0,025\,(t_{w2}-2y)}-\beta\cdot(t_{w2}-2y)+c}+\cdots+$$
$$\left.+\frac{1}{\mathrm{e}^{1,77+0,025\cdot t_{w1}}-\beta\cdot t_{w1}+c}\right], \tag{10}$$

în care

$$y = \frac{t_{w2}-t_{w1}}{n}, \quad (n = 6\div 8) \tag{11}$$

$$\beta = \frac{1}{\lambda} = \frac{G_w}{G_L} \tag{12}$$

$$C = \beta\cdot t_{w2} - \mathrm{e}^{1,77+0,025\cdot t_{L1}}. \tag{13}$$

Metoda Berman

Consideră curba-limită ca fiind dreaptă și introduce corecții în relațiile matematice folosite. Coeficientul de schimb de substanță utilizat β_p este legat de σ prin expresia

$$\sigma = \beta_p\cdot\frac{p-(1+\varphi)\,p_s}{0,622}. \tag{14}$$

Pentru metoda simplificată propusă se pot scrie două criterii Merkel, folosind entalpii sau presiuni parțiale, și anume

$$\mathrm{Ke}'_B = \frac{2,3\cdot\Delta t_w\,(1+\varepsilon)\,(1+0,8\,\Sigma x)\,[\log(\Delta i_2-\delta i_s)-\log(\Delta i_1-\delta i_s)]}{k\,(\Delta i_2-\Delta i_1)\,[1+\varepsilon\,(1+0,8\cdot\Sigma x)]} \tag{15}$$

$$\mathrm{Ke}''_B = \frac{3,7\cdot p_b\cdot G_L\,(x_s-x)\,[\log(p_{s2}-\Delta p_s-p_{v2})-\log(p_{s1}-\Delta p_s-p_{v1})]}{(p_{s2}-p_{v2})-(p_{s1}-p_{v1})} \tag{16}$$

în care

$$\varepsilon = \frac{1}{r}\cdot\frac{i_2-i_1}{x_2-x_1}-1 \tag{17}$$

$$\Sigma x = x_1+x_2+x_{s1}+x_{s2} \tag{18}$$

$$\Delta i_1 = i_{s1}-i_1;\quad \Delta i_2 = i_{s2}-i_2 \tag{19}$$

$$\delta i_s = \frac{i_{s1}+i_{s2}-2i_{sm}}{4} \tag{20}$$

$$k = 1-\frac{x_2-x_1}{i_2-i_1}\cdot t_{w1} \tag{21}$$

Folosirea noțiunii de randament la turnurile de răcire

Literatura de specialitate introduce noțiunea de „randament al turnului", dar și aceasta este diferită după autori, atît în ceea ce privește definiția noțiunii în sine, cît și simplificările făcute pentru efectuarea calculelor numerice.

Randamentul după Merkel

Pornind de la ecuația fundamentală simplificată

$$G_w\cdot c_w\cdot\Delta t_w = \sigma\cdot s\,(i_{sm}-i_m) \tag{22}$$

și considerînd că

$$i_m = i_1+\frac{c_w\cdot\Delta t_w}{2\cdot\lambda}. \tag{23}$$

Merkel obține

$$i_{sm}-i_1 = \Delta t_w\left(\frac{G_w\cdot c_w}{\sigma\cdot S}+\frac{1}{2\lambda}\right) \tag{24}$$

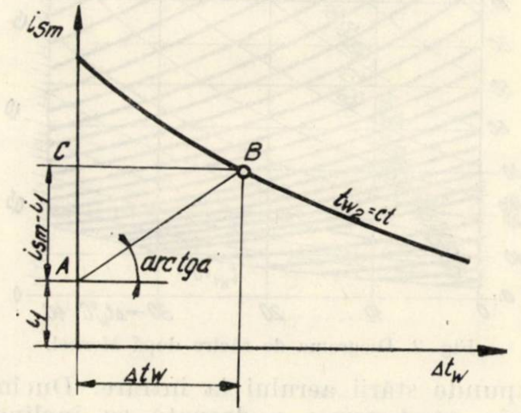


Fig. 1. Determinarea grafică a răcirii Δt_w.

Cu ajutorul acestei relații definește o cifră de răcire a:

$$a = \frac{1}{\lambda}\left(\frac{G_L\cdot c_w}{\sigma\cdot s}+\frac{1}{2}\right), \tag{25}$$

care depinde, pentru o anumită cantitate de aer și apă, numai de caracteristica de vaporizare $\sigma\cdot s$. După Merkel, această cifră de răcire este o măsură a calității aparatului de răcire. Cu cît cifra a este mai mică, cu atît răcirea este mai bună. Cifra de răcire minimă se obține pentru $G_L\cdot c_w/\sigma\cdot s = 0$. În acest caz

$$a_{min} = \frac{1}{2\lambda}. \tag{26}$$

Raportul

$$\eta = \frac{a_{min}}{a} \tag{27}$$

este denumit de Markel randamentul repartizării apei. Din relaţia (24) reiese că

$$a = \frac{i_{sm} - i_1}{\Delta t_w}. \qquad (28)$$

În diagrama din figura 1 s-a reprezentat procesul în coordonatele $i - \Delta t_w$. Punctul A corespunde stării aerului la intrare. Ducîndu-se prin acest punct o drepată cu înclinarea arc tg a, pînă la intersecţia curbei t_{w2} = const., se află imediat răcirea produsă în turn, $\Delta t_w = \overline{BC}$.

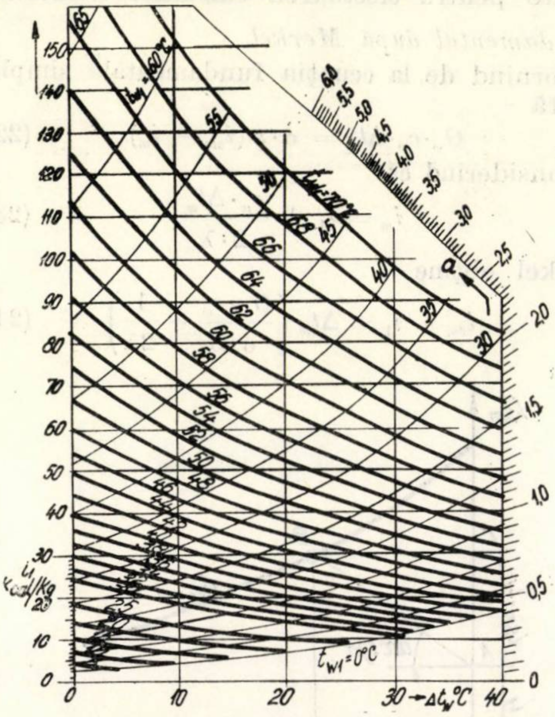


Fig. 2. Diagrama de răcire după Merkel.

De obicei se cunoaşte entalpia aerului la intrare. Se pot ivi următoarele variante de calcul:

a) se dă Δt_w şi trebuie aflată temperatura apei la intrare şi la ieşire;

b) se dă temperatura apei la intrare şi trebuie aflată zona de răcire;

c) se dă temperatura apei la ieşire şi trebuie aflată zona de răcire;

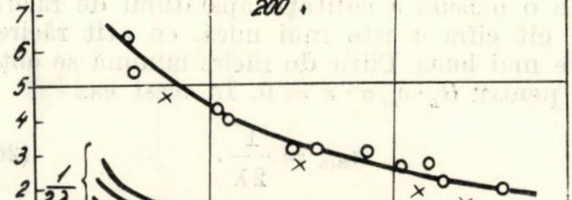


Fig. 3. Influenţa debitului de apă asupra cifrei de răcire.

d) se dă temperatura apei la intrare şi zona de răcire şi se cere a, respectiv caracteristica de vaporizare $\sigma \cdot S$.

Toate aceste cazuri se rezolvă cu ajutorul diagramei din figura 2, în care sînt trasate curbele t_{w1} = const. şi t_{w2} = const. Rezultatele experimentale pot fi reprezentate şi în coordonate $a - G_L$, luîndu-se ca parametru G_w (grosimea peliculei) şi suprafaţa de schimb (fig. 3). Dispunînd de astfel de diagrame, pentru dimensionarea turnului în cazul dorit se calculează a; apoi, din diagrama din figura 2 se află Δt_w, t_{w2} sau t_{w1}. Se poate proceda şi invers, şi anume se află $a_{necesar}$ şi din diagrama experimentală se verifică dacă $a_{necesar}$ se poate realiza pentru parametrii doriţi.

Metoda Klenke

Klenke [10] introduce noţiunea de grad de răcire, definit prin relaţia

$$\eta_A = \frac{t_{w2} - t_{w1}}{t_{w2} - \tau} = \frac{\Delta t_w}{t_{w2} - \tau}. \qquad (29)$$

Acest raport este maxim (valoarea 1) pentru un turn care răceşte apa pînă la temperatura termometrului umed corespunzătoare stării aerului la intrarea în turn.

Klenke reprezintă variaţia gradului de răcire η_A în funcţie de un factor definit ca raportul dintre cantitatea de aer reală şi cantitatea de aer care ar circula printr-un turn de răcire ideal şi care ar răci apa pînă la temperatura termometrului umed, τ. Bineînţeles, rezultatele experimentale se prelucrează în aceleaşi coordonate, pentru a putea fi folosite. Comparîndu-se diagramele de răcire ale turnurilor existente, se pot trage concluzii calitative asupra comportării relative a acestora, ceea ce constituie un criteriu în aprecierea funcţionării lor.

Metoda eficienţei termice

Pornind de la faptul că principalele cheltuieli generate de construcţia şi funcţionarea unui turn de răcire sînt în directă legătură cu debitul de aer circulat prin turn, în [6] se propune introducerea noţiunii de eficienţă termică pentru aprecirea calitativă a funcţionării unui turn de răcire.

Eficienţa, T, are expresia:

$$T = \frac{i_2 - i_1}{i_{s2} - i_1} = \frac{\Delta i}{i_{s2} - i_1} = \frac{c_w \cdot \Delta t_w}{\lambda \cdot (i_{s2} - i_1)}. \qquad (30)$$

Pornind de la ecuaţia lui Merkel şi considerînd curba de saturaţie dreptă, s-a obţinut expresia analitică a eficienţei termice, T;

$$T = \frac{1 - \mathrm{e}^{\mathrm{Ke}\left(\frac{b}{c_w} - \frac{1}{\lambda}\right) + c}}{1 - \frac{\lambda \cdot b}{c_w} \cdot \mathrm{e}^{\mathrm{Ke}\left(\frac{b}{c_w} - \frac{1}{\lambda}\right) + c}}. \qquad (31)$$

Dacă se calculează criteriul Merkel pentru aer,

$$\mathrm{Ke}_L = \frac{\sigma \cdot \mathrm{S}}{G_L}, \qquad (32)$$

eficienţa termică are expresia :

$$T = \frac{1 - e^{\mathrm{Ke}_L\left(\frac{b\cdot\lambda}{c_w} - 1\right)}}{1 - \frac{b\cdot\lambda}{c_w}\cdot e^{\mathrm{Ke}_L\left(\frac{b\cdot\lambda}{c_w} - 1\right)}}. \quad (33)$$

Notîndu-se

$$\frac{b\cdot\lambda}{c_w} = \lambda', \quad (34)$$

se va obţine în final

$$T = \frac{1 - e^{\mathrm{Ke}_L\,(\lambda' - 1)}}{1 - \lambda'\cdot e^{\mathrm{Ke}_L\cdot(\lambda' - 1)}}. \quad (35)$$

Se observă că eficienţa termică depinde numai de cifra Ke_L şi de λ'. Dacă se cunoaşte dependenţa exprimentală

$$\mathrm{Ke}_L = \mathrm{A}\cdot\lambda^m\cdot G_w^n, \quad (36)$$

se poate calcula imediat eficienţa termică :

$$T = \frac{1 - e^{A\cdot G_w^n\cdot\lambda^{m-1}\left(\frac{b\cdot\lambda}{c_w} - 1\right)}}{1 - \frac{b\cdot\lambda}{c_w}\cdot e^{A\cdot G_w^n\cdot\lambda^{m-1}\left(\frac{b\cdot\lambda}{c_w} - 1\right)}}. \quad (37)$$

Pe de altă parte, din expresia căldurii totale schimbate în turn

$$Q = G_w\cdot c_w\cdot\Delta t_w = G_L\cdot T\,(i_{s2} - i_{L1}) \quad (38)$$

se obţine

$$T\cdot\lambda = \frac{c_w\cdot\Delta t_w}{i_{s2} - i_{L1}}. \quad (39)$$

Membrul drept al expersiei (39) este independent de turn şi cuprinde : zona de răcire Δt_w, entalpia aerului la saturaţie la temperatura apei calde i_{s2} şi entalpia aerului la intrare i_{L1}. Toate aceste mărimi alcătuiesc ,,caracteristica exterioară a turnului'', care sintetizează parametrii ce trebuie realizaţi de acesta şi se poate reprezenta în coordonate $T - \lambda$ sub forma unei familii de hiperbole echilatere.

Avem însă şi o ,,caracteristică interioară a turnului'', care se poate determina teoretic cu relaţia (33) sau experimental şi se poate reprezenta sub forma unei familii de curbe avînd drept parametru temperatura apei calde, respectiv panta medie a curbei-limită. Intersecţia celor două familii de curbe va determina punctele de funcţionare a turnului.

În figura 4 sînt reprezentate hiperbolele echilatere pentru valori ale produsului $T\cdot\lambda = 0{,}4$; 0,45 şi 0,5 (linie întreruptă) şi caracteristica interioară a turnului, determinată experimental în labortor (linie plină) pentru temperaturi ale apei de 30, 35 şi 40 °C, la o distanţă între plăci de 25 mm.

Prin această metodă, pentru o suprafaţă de schimb dată se determină imediat debitul specific de aer necesar şi eficienţa instalaţiei. Pentru stabilirea dimensiunilor constructive, respectiv a suprafeţei de schimb, se procedează astfel : după ce se stabileşte λ din diagrama experiementală de tipul celei din figura 4, cu relaţia (36) se determină cifra Merkel, $\mathrm{Ke} = A\cdot\lambda^m\cdot G_w^n$; σ se cunoaşte din dependenţa experimentală în laborator, $\sigma = f(\lambda)$, iar suprafaţa de schimb rezultă din relaţia

$$S = \frac{\mathrm{Ke}\cdot G_w}{\sigma}. \quad (40)$$

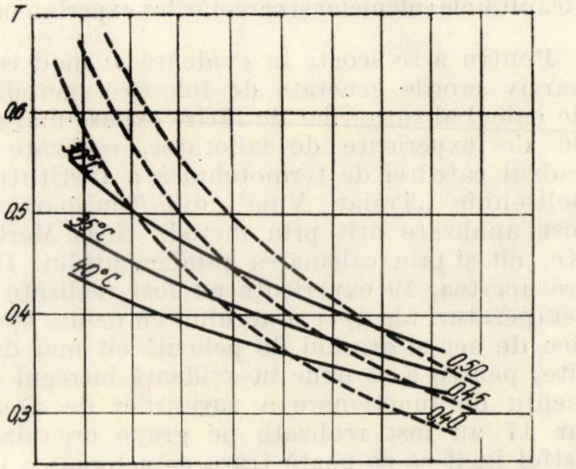


Fig. 4. Caracteristica interioară a instalaţiei şi caracteristica exterioară pentru $\delta = 25$ mm.

Şi metodele clasice presupun cunoaşterea prealabilă a dependenţei experimentale, $\mathrm{Ke} = f(\lambda)$. Spre exemplu, pentru dimensionarea unui turn de răcire cînd se dă prin temă zona de răcire, temperatura apei calde, parametrii aerului proaspăt şi căldura totală ce trebuie evacuată se calculează funcţia termodinamică

$$\mathrm{Ke} = \int_{t_1}^{t_2} = \frac{c\cdot dt}{i_s - i} \quad (41)$$

pentru diverse valori ale entalpiei aerului la ieşire, corespunzător valorilor cifrei λ admise. Apoi se reprezintă în coordonate logaritmice dependenţa $\mathrm{Ke}_1 = f(\lambda)$ astfel calculată (fig. 5). Tot în aceeaşi diagramă se reprezintă depen-

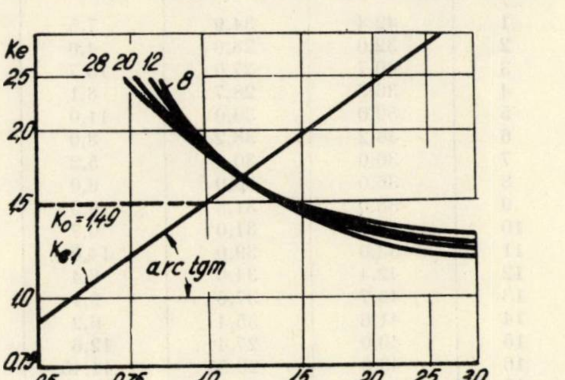


Fig. 5. Funcţia termodinamică Ke_1 şi cifra caracteristică Ke, în funcţie de debitul specific de aer, λ.

denţa experimentală $Ke_2 = f(\lambda)$, stabilită în laborator. Intersecţia celor două curbe determină punctul de funcţionare. Se află astfel debitul specific de aer λ, cu care, din dependenţa $\sigma = f(\lambda)$, stabilită prin cercetarea de bază, se calculează suprafaţa de schimb necesară.

Rezultatele calculelor şi cercetărilor experimentale

Pentru a se scoate în evidenţă în mod comparativ erorile generate de folosirea metodelor de calcul al turnurilor de răcire expuse mai sus, 36 de experienţe de laborator, realizate în cadrul catedrei de termotehnică a Institutului politehnic „Traian Vuia" din Timişoara, au fost analizate atît prin metoda cifrei Merkel, Ke, cît şi prin calcularea randamentului. Dintre acestea, 19 experienţe au fost realizate cu temperaturi ale apei şi aerului, cu debite specifice de aer şi grosimi de peliculă cît mai diferite, pentru a se pune în evidenţă întregul domeniu de funcţionare a turnurilor de răcire, iar 17 au fost realizate pe grupe organizate astfel încît să se poată trasa caracteristica termodinamică a instalaţiei.

Experienţele au fost efectuate pe o instalaţie monoplacă termostatată alimentată cu aer condiţionat; suprafaţa de prelingere a fost din azbociment cu lăţimea de 300 mm, canalul de aer a fost de 14 mm, iar lungimea plăcii de 1 800 mm.

Rezultatele au fost prelucrate calculîndu-se cifra de evaporare după Merkel (în ambele variante), Spangemacher, Berman, Fuller şi Sherwood. Totodată, au fost calculate η, η_A, şi T. Calculul după Sherwood s-a făcut tabelar considerîndu-se saltul de 1 grad.

În tabelul 1 sînt prezentate mărimile de calcul determinate experimental pentru primele 19 experienţe. Se observă că temperatura apei calde a fost cuprinsă în domeniul 32 – 53 °C, iar parametrii aerului proaspăt au cuprins atît regimuri de iarnă (t_{L1} = 7,5 °C, x_{L1} = 4,3 g/kg), cît şi regimuri de vară (t_{L1} = 28,4°C, x_{L1} = 15,5 g/kg) şi regimuri puţin obişnuite (aer foarte uscat, t_L = 27 °C, x_L = 3 g/kg). Au fost evitate intenţionat regimurile de funcţionare cu aer suprasaturat, deoarece în acest domeniu procesele se dezvoltă după legi calitativ deosebite de cele discutate, ceea ce exclude posibilitatea extrapolării domeniului aerului nesaturat.

În tabelul 2 sînt prezentate cifrele de evaporare Ke şi valorile mărimilor η, η_A şi T, calculate pentru aceste regimuri, iar în tabelul 3 sînt redate erorile relative ale cifrelor de evaporare după diverse metode, în comparaţie cu metoda Sherwood. S-a luat această metodă de comparaţie deoarece calculele s-au făcut tabelar din grad în grad, considerîndu-se, din acest motiv, mai exactă.

Se observă că rezultate obţinute cu metoda Fuller dau abateri însemnate în ambele sensuri.

Urmează metoda Berman, care dă, de asemenea, abateri destul de mari, metodele Merkel 2 şi Merkel 1. În sfîrşit, metoda Spangemacher dă rezultatele cele mai apropiate de metoda luată ca etalon.

În tabelul 4 sînt prezentate erorile medii în valoare absolută, erorile medii algebrice şi erorile maxime. Se observă că metoda Merkel 1 dă rezultate destul de bune, dacă se ţine seama de faptul că s-a considerat curba de saturaţie dreaptă şi că nu s-a corectat abaterea rezultată din această ipoteză simplificatoare,

Tabelul 1

Mărimile de calcul pentru experienţele 1 – 19

Nr. crt.	t_{w2}	t_{w1}	Δt_w	t_{L1}	t_{L2}	x_1	x_2	λ
1	42,4	34,9	7,5	28,4	32	15,5	26,2	0,965
2	32,0	28,0	4,0	21,0	22,5	10,0	12,75	2,0
3	40,7	27,0	13,7	13,5	20,0	3,0	13,3	1,76
4	36,8	28,7	8,1	27,0	30,2	3,0	16,6	0,92
5	50,0	39,0	11,0	27,0	31,5	3,0	19,6	0,99
6	46,2	38,2	8,0	20,0	30,0	6,1	30,1	0,465
7	36,0	30,7	5,3	27,0	30,2	13,2	24,0	0,725
8	36,0	30,0	6,0	24,0	26,8	8,3	15,9	1,165
9	38,0	31,5	6,5	17,0	23,5	8,6	18,2	0,89
10	40,7	31,0	9,7	27,0	30,5	3,0	17,8	0,97
11	53,0	39,0	14,0	25,0	34,0	18,0	35,0	1,11
12	42,4	34,0	8,4	34,0	35,5	14,9	22,6	1,09
13	46,7	37,6	9,1	19,4	25,0	4,3	17,5	1,0
14	41,6	35,4	6,2	38,0	37,6	18,8	24,5	1,08
15	40,0	27,4	12,6	10,4	31,2	4,3	29,5	0,616
16	40,0	28,55	11,45	10,75	29,0	2,5	25,96	0,612
17	40,0	25,5	14,5	7,5	27,2	4,3	23,27	0,887
18	40,0	31,45	8,55	27,0	33,5	12,65	33,94	0,605
19	40,0	30,0	10,0	28,95	31,13	12,5	32,05	0,78

Tabelul 2

Cifrele de evaporare pentru experienţele 1 – 19

Nr. crt.	Ke_{Sh}	Ke_{M1}	Ke_{M2}	Ke_{Sp}	Ke_{B}	Ke_{F}	a	η	η_A	T
1	0,4059	0,414	0,392	0,414	0,454	0,455	2,96	0,175	0,250	0,2455
2	0,3354	0,336	0,330	0,337	0,359	0,389	3,32	13,3	0,256	0,1283
3	0,6754	0,617	0,609	0,670	0,717	0,503	1,80	6,360	0,398	0,2095
4	0,5335	0,533	0,506	0,525	0,678	0,528	2,45	4,52	0,332	0,3346
5	0,2992	0,264	0,276	0,305	0,374	0,330	3,90	7,72	0,292	0,1876
6	0,2803	0,282	0,285	0,280	0,354	0,200	4,62	4,28	0,277	0,387
7	0,4982	0,510	0,471	0,483	0,538	0,375	2,77	4,02	0,353	0,3865
8	0,4036	0,418	0,385	0,400	0,441	0,408	2,96	6,91	0,303	0,2278
9	0,3620	0,360	0,354	0,360	0,394	0,265	3,37	6,00	0,268	0,2725
10	0,4986	0,475	0,469	0,510	0,544	0,475	2,55	4,97	0,343	0,295
11	0,4501	0,386	0,422	0,455	0,533	0,375	2,75	6,12	0,479	0,260
12	0,4683	0,498	0,438	0,465	0,527	0,594	2,64	5,75	0,402	0,2495
13	0,2833	0,251	0,248	0,276	0,298	0,270	4,21	8,42	0,252	0,187
14	0,3973	0,408	0,373	0,390	0,451	0,758	3,04	6,57	0,466	0,226
15	0,884	0,788	0,833	0,890	0,958	0,311	1,90	0,426	0,277	0,361
16	0,6741	0,620	0,643	0,674	0,498	0,294	2,26	0,36	0,319	0,317
17	0,9254	0,783	0,853	0,887	0,977	0,382	1,61	0,35	0,402	0,404
18	0,747	0,803	0,733	0,753	0,873	0,363	2,13	0,388	0,447	0,327
19	0,909	0,878	0,852	0,912	0,990	0,450	1,71	0,373	0,510	0,381

Tabelul 3

Erorile relative ale cifrelor de evaporare, în raport cu cifra Ke_{Sh}, pentru experienţele 1 – 19 (în %)

Nr. crt.	Ke_{M1}	Ke_{M2}	Ke_{Sp}	Ke_{B}	Ke_{F}
1	+1,995	−28,05	+1,995	+11,85	+12,08
2	+0,179	−1,462	+0,487	+8,08	+16,00
3	−8,58	−9,83	−0,80	+6,16	−25,52
4	−0,093	−6,17	−1,59	+27,10	− 1,032
5	−1,571	−7,58	+1,94	+25,05	+10,46
6	+0,785	+1,078	−0,107	+26,30	−28,65
7	+2,365	−5,46	−3,045	+7,98	−24,68
8	+3,072	−4,61	−0,892	+9,27	+1,188
9	−0,414	−2,21	−0,552	+8,85	−26,64
10	−4,83	−5,93	+2,285	+9,10	−4,83
11	−14,24	−6,24	+1,088	+18,42	−16,66
12	+6,34	−6,47	−0,704	+12,53	+26,80
13	−11,40	−12,46	−2,58	+15,19	−4,70
14	+2,69	−5,99	−1,835	+13,52	+90,70
15	−10,86	−5,77	+0,68	+8,37	−64,8
16	−8,03	−4,61	−0,01	−26,10	−56,30
17	−15,38	−7,83	−4,14	+5,57	−58,80
18	+7,5	−1,87	+0,80	+17,10	−52,80
19	−3,41	−6,27	+0,33	+8,91	−50,50

Tabelul 4

Erorile medii în valoare absolută şi algebrică şi valoarea erorilor maxime pentru experienţele 1 – 19, raportate la metoda Sherwood

	Eroarea absolută, %	Eroarea algebrică, %	Abaterea maximă, %
Ke_{M1}	5,23	−2,61	−15,57
Ke_{M2}	6,63	−6,46	−28,05
Ke_{Sp}	1,63	−0,15	+4,87
Ke_{B}	13,25	+10,85	+26,30
Ke_{F}	30,05	−13,52	+90,70

Tabelul 5

Mărimile de calcul pentru experienţele 20 – 36

Nr. crt.	t_{w2}	t_{w1}	Δt_w	t_{L1}	t_{L2}	x_1	x_2	λ
1	38,0	32,3	5,7	27,0	30,3	13,2	23,3	0,835
2	38,0	31,6	6,4	27,0	30,2	13,2	22,7	1,000
3	38,0	30,1	7,9	27,0	29,9	13,2	22,2	1,300
4	38,0	28,3	8,7	27,0	29,7	13,2	21,85	1,480
5	38,0	28,6	9,4	27,0	29,4	13,2	21,5	1,730
6	38,0	28,0	10,0	27,0	29,3	13,2	21,05	1,960
7	40,5	34,2	6,3	27,0	31,4	13,2	25,2	0,770
8	40,5	31,9	8,6	27,0	30,8	13,2	24,0	1,160
9	40,5	31,0	9,5	27,0	30,6	13,2	23,2	1,380
10	40,5	30,1	10,4	27,0	30,2	13,2	23,0	1,570
11	40,5	29,1	11,4	27,0	29,9	13,2	21,9	1,970
12	36,0	31,7	4,3	27,0	30,5	13,2	24,8	0,550
13	36,0	30,7	5,3	27,0	30,2	13,2	24,0	0,725
14	36,0	30,0	6,0	27,0	30,0	13,2	22,6	0,950
15	36,0	29,6	6,4	27,0	29,7	13,2	22,2	1,070
16	36,0	29,1	6,9	27,0	29,3	13,2	21,5	1,230
17	36,0	28,5	7,5	27,0	29,3	13,2	21,2	1,410

în comparaţie cu metoda Berman, care corectează eroarea rezultată prin simplificarea amintită.

Pentru aceste experienţe, randamentul în formularea η, η_A şi T nu este semnificativ, deoarece experienţele sînt dispersate.

Următoarele 17 experienţe au fost organizate în trei grupe. În cadrul fiecărei grupe, experienţele au diferit între ele prin debitul specific de aer, iar grupele s-au caracterizat prin temperatura apei calde: 36, 38 şi 40,5°C. În toate cazurile, debitul de apă şi parametrii aerului la intrare s-au menţinut constante. Tabelul 5 redă mărimile de calcul pentru cele trei grupe de experienţe, iar tabelul 6 cifrele de evapo-

Tabelul 6

Cifrele de evaporare Ke, pentru experiențele 20 – 36

Nr. crt.	Ke_{Sh}	Ke_{M1}	Ke_{M2}	Ke_{Sp}	Ke_B	Ke_F	a	η	η_A	T
1	0,4188	0,428	0,398	0,414	0,457	0,361	3,02	0,195	0,335	0,305
2	0,4821	0,492	0,453	0,480	0,522	0,424	2,625	0,190	0,376	0,2855
3	0,6481	0,641	0,598	0,645	0,711	0,543	1,964	0,196	0,465	0,271
4	0,7501	0,722	0,677	0,730	0,803	0,623	1,740	0,196	0,512	0,264
5	0,7979	0,812	0,745	0,820	0,897	0,707	1,542	0,1875	0,553	0,242
6	0,9266	0,867	0,806	0,900	0,988	0,785	1,410	0,179	0,588	0,228
7	0,3752	0,385	0,359	0,370	0,413	0,315	3,370	0,192	0,340	0,298
8	0,5735	0,562	0,529	0,560	0,620	0,470	2,24	0,192	0,465	0,271
9	0,6334	0,630	0,598	0,650	0,737	0,541	1,935	0,187	0,513	0,252
10	0,7574	0,723	0,673	0,745	0,818	0,613	1,702	0,187	0,562	0,240
11	0,8730	0,817	0,747	0,840	0,942	0,722	1,475	0,172	0,615	0,212
12	0,3875	0,401	0,367	0,375	0,413	0,291	3,582	0,254	0,287	0,410
13	0,4980	0,510	0,471	0,483	0,535	0,372	2,77	0,249	0,353	0,384
14	0,5657	0,576	0,531	0,545	0,606	0,458	2,35	0,224	0,400	0,334
15	0,6115	0,627	0,571	0,590	0,656	0,503	2,15	0,217	0,426	0,320
16	0,6731	0,667	0,622	0,655	0,722	0,570	1,97	0,206	0,460	0,296
17	0,7219	0,752	0,688	0,750	0,798	0,636	1,745	0,203	0,500	0,280

rare calculate după aceleași metode și valorile η, η_A și T.

În figura 6 s-au reprezentat, în funcție de λ, cifra de răcire a, după Merkel, și gradul de răcire η_A, după Klenke. Se observă că cele două criterii au evoluții inverse, ceea ce se explică prin faptul că primul se referă la aer, iar al doilea la apă. Faptul că gradul de răcire η_A pentru Klenke are pante diferite în funcție de temperatura apei, face dificilă generalizarea metodei pentru aplicațiile numerice.

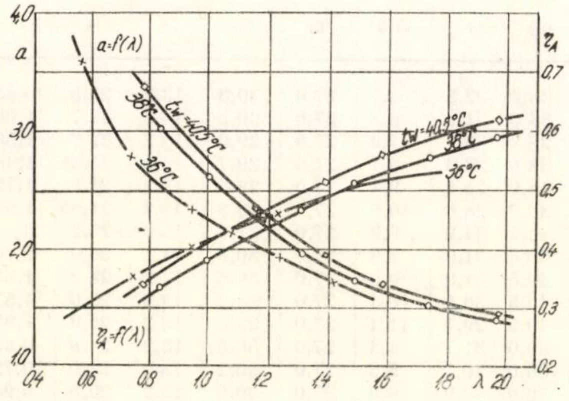


Fig. 6. Dependența experimentală a cifrei de răcire a și a gradului de răcire η_A, în funcție de λ.

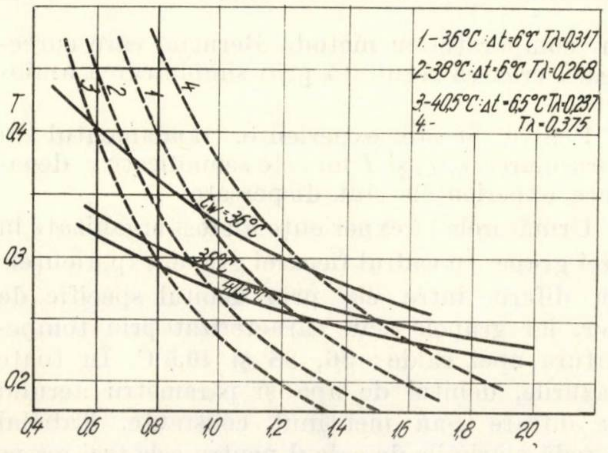


Fig. 7. Dependența experimentală $\lambda = f(\lambda)$. (Caracteristica interioară și caracteristica exterioară.)

Tabelul 7

Erorile relative ale cifrelor de evaporare, în raport cu cifra Ke_{Sh} pentru experiențele 20 – 36 (%)

Nr. crt.	Ke_{M1}	Ke_{M2}	Ke_{Sp}	Ke_B	Ke_F
1	+2,20	− 4,96	−1,14	+9,13	−13,80
2	+2,05	− 6,04	−0,43	+8,28	−12,05
3	−1,09	− 7,73	−0,47	+9,70	−16,20
4	−3,75	− 9,75	−2,68	+7,06	−16,93
5	+1,76	− 5,63	+2,77	+12,40	−11,38
6	−6,43	−13,02	−2,87	+ 6,63	−15,28
7	+2,61	− 4,32	−1,38	+10,08	−16,05
8	−2,00	− 7,76	−2,35	+11,58	−18,05
9	−0,53	− 5,58	+2,62	+16,34	−14,60
10	−4,54	−11,15	−1,64	+ 8,00	−19,06
11	−6,43	−14,42	−3,78	+ 7,90	−17,28
12	+3,48	− 5,29	−3,23	+ 6,58	−24,88
13	+2,40	− 5,42	−3,01	+17,45	−25,28
14	+1,82	− 6,14	−3,68	+ 7,14	−19,03
15	+2,53	− 6,63	−3,52	+ 7,28	−17,76
16	−0,90	− 7,59	−2,69	+ 7,26	−15,32
17	+4,17	− 4,70	+3,88	+10,55	−11,90

În figura 7 s-a reprezentat dependența experimentală $T - \lambda$. Se observă că în aceste coordonate caracteristica instalației este mai slabă pe măsură ce crește temperatura apei calde, după cum s-a arătat în paragraful respectiv din text.

În tabelul 7 sînt prezentate erorile relative ale cifrelor de evaporare în comparație cu

Tabelul 8

Erorile medii în valoare absolută și algebrică și valoarea erorilor maxime pentru experiențele 20 – 36, raportate la metoda Sherwood

	Eroarea absolută, %	Eroarea algebrică, %	Abaterea maximă, %
Ke_{M1}	2,865	– 0,156	– 6,43
Ke_{M2}	7,43	– 7,43	–14,42
Ke_{Sp}	2,475	– 1,388	–3,88
Ke_{B}	9,61	+ 9,61	+17,45
Ke_{F}	16,72	–16,72	–25,28

metoda Sherwood, iar în tabelul 8 erorile medii. Se observă că erorile sînt mai mici decît pentru cele 19 experiențe prezentate anterior, ele menținîndu-și aceeași clasificare în precizia metodelor de calcul.

Concluzii

1. Pentru domeniul de temperaturi ale apei calde, al zonei de răcire și al parametrilor aerului la intrare cercetat, care corespunde destul de bine condițiilor de lucru ale turnurilor de răcire în energetică, cifra Ke după Spangemacher, ușor de calclat, oferă o precizie suficientă.

2. Calculul turnurilor de răcire pe bază de randament concretizat prin metodele η, η_A și T sintetizează comportarea dinamică a turnului, iar cifrele caracteristice înseși reprezintă un factor de calitate al turnului. Dintre acestea, metoda eficienței termice poate fi folosită pentru proiectare, eliminînd calculul de tatonare. Un album de diagrame $T - \lambda$ pentru diverse geometrii ale sistemului de răcire permite aflarea funcționării în orice regim dorit.

3. În condițiile noi ale centralelor termoelectrice mari, la care valorile absolute obținute prin reduceri mici procentuale ale cheltuielilor de exploatare reprezintă sume importante, calculul clasic pe baza cifrei Ke trebuie adîncit și eventual înlocuit printr-un calcul dinamic prin metoda randamentului.

Notații

a — cifra de răcire, adimensională ;
a, a' — constante ;
b, b' — constante :
c — căldură specifică, J/kg.°K :
i — entalpie, J/kg ;
m — exponent experimental, adimensional ;
n — exponent experimental, adimensional ;
p — presiune, N/m^2 ;
r — căldura de vaporizare, J/kg ;
t — temperatură, °C ;
x — umiditate absolută, g/kg ;
A — constantă, adimensională ;
G — debit, kg/h ;
Ke — cifra Merkel, adimensională ;
S — suprafața, m^2 ;
T — eficiența termică, adimensională ;
δ — distanța dintre plăci, mm ;
φ — umiditate relativă, % ;
λ, λ' — debit specific de aer, kg aer/kg apă ;
η — randamentul repartizării apei, adimesional ;
η_A — gradul de răcire, adimensional ;
σ — coeficient de transfer de masă, kg/m^2h ;
τ — temperatura termometrului umed, °C.

Indici

1 — în secțiunea inferioară a sistemului de răcire ;
2 — în secțiunea superioară a sistemului de răcire ;
B — după Berman ;
F — după Fuller ;
L — pentru aer ;
m — mediu ;
M — după Merkel ;
s — la saturație ;
Sh — după Sherwood ;
Sp — după Spangemacher ;
w — pentru apă

Bibliografie

[1] Merkel, Fr. *Verdunstungskühlung.* VDI—F, 1925.

[2] Spangemacher, K. *Charakteristik von Kühltürmen mit natürlichem und künstlichem Zug.* BWK *16* (1964), nr. 5, p. 251—246.

[3] Vlădea, I. *Instalații și utilaje termice.* Editura tehnică, București, 1966.

[4] Oancea, N. *Eficiența termică a turnurilor de răcire.* Energetica 16 (1968), nr. 5, p. 252—257.

[5] Oancea, N. *Asupra proceselor de schimb termic și de masă din turnurile de răcire peliculare.* Teză de doctorat, 1969.

[6] Vlădea, I. și Oancea, N. *Der thermische Gütegrad von Kühltürmen.* BWK 22 (1970), nr. 2, p. 123—127.

[7] Alić, V. *A critical survey of the calculation of natural and mechanical draught water cooling towers, by means of criteria, mean entalpies difference of moist air and efficiency coefficient.* Mașinstvo — Tehnika, 1965, nr. 2.

[8] Spangemacher, K. *Koreferat zum Vortrag Dr. Klenke im Hause der Technik*, Essen, 1966.

[9] Mehlig, Z. *Die Wärme und Stoffübertragung bei der Verdunstungskühlung. BWK 20* (1968), nr. 2, p. 49—56.

[10] Klenke, W. *Die Kühlturmkennlinie als Mittel für die Beurteilung von Kühltürmen*, BWK 18 (1966), nr. 3, p. 97—105.

[11] Spangemacher, K. *Berechnung von Kühltürmen und Einspritzkühlern mit Hilfe einer Verdunstungskennzahl.* BWK *10* (1958), nr. 5, p. 209—215.

(Articol intrat în redacție la 14 februarie 1970)

Variația randamentului global al unei CET în cazul reducerii consumului pompelor de circulație a apei de răcire

Ing. Vl. Nicu*)

Unele CET de putere mare realizează un grad de termoficare mediu anual de peste 70%, iar în perioadele de livrare maximă a căldurii (de exemplu iarna) acesta poate atinge 85–95 %. În aceste condiții, unele echipamente auxiliare aferente instalației de condensare devin, prin forța împrejurărilor, supradimensionate. Din categoria acestora pot fi reținute electropompele de circulație a apei de răcire și ventilatoarele de la turnurile de răcire cu tiraj activat.

Datorită situației speciale a instalației de condensare a turbinelor de termoficare, personalul este tentat să acționeze asupra consumului propriu, oprind în rezervă cîte o pompă de circulație la o turbină, iar în ceea ce privește turnurile de răcire cu tiraj activat se adoptă adeseori, iarna, măsura de oprire în rezervă a tuturor celulelor.

Plecînd de la o situație de referință definită prin parametrii

$P_{T0} = \text{const.}$ – puterea în termoficare

$P_{c0} = \text{const.}$ – puterea în condensație ;

$P_0 = P_{T0} + P_{c0} = \text{const.}$ – puterea la borne :

$t_{20} = \text{const.}$ – temperatura la buraj,

se constată că, în urma reducerii consumului de putere al pompelor de circulație a apei de răcire, consumul de căldură al turbinei crește corespunzător pe seama înrăutățirii vidului.

Problema care se pune este de a determina sensul variației randamentului global dacă în exploatarea turbinelor se iau măsuri de genul celei arătate mai sus.

Randamentul global la un moment dat se poate exprima în funcție de randamentul global de referință, astfel :

$$\eta = \eta_0 \, \alpha(\varphi) \tag{1}$$

în care

$$\alpha(\varphi) = \frac{1+\varphi}{1+k_0\psi} = \frac{1+\dfrac{\Delta\eta_{si}}{\eta_{si}^0}}{1+\dfrac{P_{c0}}{P_0}\cdot\dfrac{q_{c0}}{q_{Em}^0}\dfrac{\Delta H}{H}},$$

$$\psi = \psi(\varphi) = \frac{\Delta H}{H}, \tag{2}$$

$$\varphi = \frac{\Delta\eta_{si}}{\eta_{si}^0}.$$

$$k_0 = \frac{P_{c0}}{P_0}\cdot\frac{q_{c0}}{q_{Em}^0}$$

Notațiile adoptate în (1) și (2) sînt următoarele :

η – randamentul global la reducerea puterii pompelor de circulație a apei de răcire ;

η_0 – randamentul global de referință ;

$\Delta\eta_{si} = \dfrac{P_s}{P_0}$ – creșterea randamentului serviciilor auxiliare la reducerea consumului pompelor de circulație a apei de răcire cu P_s ;

η_{si}^0 – randamentul de referință al serviciilor auxiliare ;

ΔH – reducerea căderii adiabatice a părții în condensație în urma scăderii debitului apei de răcire ;

H – căderea adiabatică a părții în condensație la înrăutățirea vidului.

Se observă că sensul de variație al expresiei α, în funcție de mărimile relative φ și ψ, este greu de precizat dacă nu se fac transformări convenabile. De asemenea, făcînd calcule din aproape în aproape, pentru o eventuală reprezentare grafică, se pot comite erori datorită ordinului de mărime scăzut al valorilor φ și ψ. Neajunsurile arătate se pot evita dezvoltînd expresia α în serie Mac-Laurain :

$$\alpha(\varphi) = \alpha(0) + \alpha^{(1)}(0)\,\varphi + \frac{1}{2!}\alpha^{(2)}(0)\,\varphi^2 + \;.\;\;.\;\;. + \frac{1}{n!}\alpha^{(n)}(0)\,\varphi^n + \ldots \tag{3}$$

Pentru gradul de precizie necesar prezintă interes primii doi sau trei termeni, ceilalți putînd fi neglijați.

---

*) Ing. Vladimir Nicu este șeful Serviciului de concepție al I.E.C. Ploiești.

Termenii şi factorii constanţi ai seriei, necesari în cazul de faţă, sînt următorii :

$$\alpha(0) = 1$$

$$\alpha^{(1)}(0) = \left(\frac{d\alpha}{d\varphi}\right)_{\varphi=0} = 1 - k_0\left(\frac{d\psi}{d\varphi}\right)_{\varphi=0}$$

$$\alpha^{(2)}(0) = \left(\frac{d^2\alpha}{d\varphi^2}\right)_{\varphi=0} = -$$

$$= -\left[k_0\frac{d^2\psi}{d\varphi^2} + 2\,k_0\frac{d\psi}{d\varphi}\left(1 - k_0\frac{d\psi}{d\varphi}\right)\right]_{\varphi=0}$$

astfel încît (3) devine :

$$\alpha(\varphi) = 1 + \left[1 - \left(\frac{d\psi}{d\varphi}\right)\frac{k_0}{\varphi_0}\right]_{\varphi=0}\cdot\psi - \frac{\psi^2}{2!}\left[k_0\frac{d^2\psi}{d\varphi^2} + \right.$$

$$\left. + 2k_0\frac{d\psi}{d\varphi}\left(1 - k_0\frac{d\psi}{d\varphi}\right)\right]_{\varphi=0} \quad (4)$$

Pentru a afla semnul primei derivate a mărimii α în raport cu φ, este suficient să fie derivaţi primii doi termeni din (4), iar rezultatul obţinut duce la constatarea :

$$\frac{d\alpha}{d\varphi} = 1 - \left(\frac{d\psi}{d\psi}\right)_{\varphi=0} k_0 < 0,$$

deoarece $k_0\left(\frac{d\psi}{d\varphi}\right)_{\varphi=0} > 1$, variaţia relativă a căderii adiabatice fiind mai mare decît variaţia relativă a randamentului serviciilor auxiliare şi ambele variaţii avînd acelaşi sens.

Aşadar este discutabilă eficienţa economică a reducerii puterii pompelor de circulaţie a apei de răcire, chiar la debite scăzute în condensator, deoarece se reduce randamentul global al CET. Evident, această reducere poate fi comparată cu efectul economic pozitiv ce s-ar obţine prin sporirea beneficiului CET din furnizarea unei cantităţi mai mari de energie. Dacă se ia în considerare şi faptul că înrăutăţirea voită a vidului (la debite scăzute în condensator) diminuează efectul de eroziune la ultimele trepte ale turbinei, atunci măsura practicată de reducere a consumului propriu ar fi justificată.

Exemplu numeric

Se dau următorii parametri de referinţă :

— puterea la bornele generatorului, $P_0 = 50$ MW ;

— debitul de abur la condensator, $D_{co} = 60$ t/h ;

— consumul specific în condensaţie, $q_{co} = 374$ g c.c./kWh ;

— consumul specific mediu al blocului, $\overset{0}{q}_{Em} = 200$ g c.c./kWh ;

— temperatura la buraj, $t_{20} = 35$°C ;

— produsul randamentelor, $(\eta)_0 = (\eta_i\cdot\eta_m\cdot\eta_g)_0 = 0{,}81 . 0{,}986 . 0{,}995 = 0{,}795$;

— destinderea adiabatică în condensaţie, $H_0 = i_0 - i_{co} = 839 - 487 = 352$ kcal/kg ;

— puterea în condensaţie, $p_{c0} = \frac{D_{co}.H_0.(\eta)_0}{860} =$

$$= \frac{60 . 352 . 0{,}795}{860} = 19{,}5 \text{ MW};$$

— consumul propriu, $e_0 = 4{,}8\,\%$;

— randamentul serviciilor auxiliare, $\overset{0}{\eta}_{si} = 100 - e_0 = 100 - 4{,}8 = 95{,}2\,\%$;

— puterea unei pompe de circulaţie a apei de răcire $P_s = 320$ kW ;

— diferenţa de entalpie cedată apei de răcire, $(\Delta i)_0 = i_{re} - \bar{t}_{co} = 555 - 35 = 520$ kcal/kg ;

— debitul nominal de apă de răcire, $W_{r0} = 7000$ t/h ;

— încălzirea apei de răcire, $(\Delta t)_0 = \frac{D_{co}(\Delta i)_0}{W_{r0}} = 4{,}45$°grd

Prin oprirea unei pompe de circulaţie a apei de răcire, parametrii în condensaţie devin :

— temperatura la buraj, $t_2 \approx t_{20} + \frac{D_{co}(\Delta i)_0}{W_{r0}/2} -$
$-(\Delta t)_0 - 39{,}45$°C ;

— presiunea în condensator, $p^\circ = 0{,}073$ ata ;

— destinderea adiabatică în condensaţie, $H = i_0 - i_c = 839 - 494 = 345$ kcal/kg ;

— creşterea randamentului serviciilor auxiliare, $\Delta\eta_{si} = \frac{P_s}{P_0} = \frac{320}{50\cdot 10^3}\cdot 100 = 0{,}64\,\%$;

— creşterea relativă a randamentului serviciilor auxiliare,

$$\varphi = \frac{\Delta\eta_{si}}{\overset{0}{\eta}_{si}} = \frac{0{,}64}{95{,}2} = 0{,}00672;$$

— variaţia relativă a căderii adiabatice în condensaţie,

$$\Psi = \frac{H_0 - H}{H} = \frac{352 - 345}{345} = 0{,}0203;$$

— coeficientul $k_0 = \frac{P_c}{P_0}\cdot\frac{q_{co}}{\overset{0}{q}_{Em}} = \frac{19{,}5}{50}\cdot\frac{374}{200} = 0{,}73.$

Rezultă valoarea expresiei α :

$$\alpha = \frac{1 + 0{,}00672}{1 + 0{,}73 . 0{,}0203} = 0{,}992(<1)$$

Aşadar se produce un supraconsum de combustibil, care, exprimat în consum specific la barele CET, potrivit exemplului de mai sus, este :

$$\Delta q_E = \overset{0}{q}_{Em}\left(\frac{1}{\alpha} - 1\right) = 200\left(\frac{1}{0{,}992} - 1\right) \approx 2\text{gc.c./kWh.}$$

Concluzii

Oprirea în rezervă a pompelor de circulaţie a apei de răcire la turbinele cu grad de termoficare ridicat (debit scăzut de abur la condensator) este, cel puţin din punctul de vedere al consumului de combustibil, nejustificată.

Pentru ca reducerea consumului propriu din cadrul instalaţiilor de condensare ale turbinelor de termoficare să fie justificată, este necesar să se ia în considerare aspectele pozitive şi negative care apar în funcţionarea turbinelor respective cu debite de abur scăzute la condensator.

Din exemplul tratat s-a putut vedea că nu este economică oprirea unei pompe de circulaţie a apei de răcire, deşi debitul de abur la condensator este de 60 t/h (40% din debitul nominal).

Evident, scăzînd debitul la condensator la 20% din cel nominal, funcţia α va fi şi în acest caz subunitară, ceea ce confirmă faptul că nu este economică oprirea uneia dintre cele două pompe de circulaţie a apei de răcire cu care sînt dotate turbinele VPT—50—3. Experienţa arată că nu se mai poate merge cu debitul din condensator sub limita de 20%, astfel încît alte consideraţii în legătură cu efectul economic nu ar avea sens.

(Articol intrat în redacţie la 15 martie 1971

Preocupări în direcția introducerii prelucrării automate a datelor în sistemul informațional al M.E.E.

Ing. G. Grigoriu*)

Sistemul electroenergetic național formează o unitate tehnică de exploatare, cu un regim comun de funcționare pentru ansamblurile de instalații ce compun sistemul (centrale electrice, rețele electrice de transport și distribuție, receptoare de energie electrică conectate la rețelele electrice) și cu o rezervă comună de putere. În sistemul electroenergetic se desfășoară un proces de producție continuu, în toate zilele calendaristice, potrivit cerințelor consumatorilor.

Activitatea Ministerului Energiei Electrice, organism economic ce gestionează sistemul electroenergetic național, cuprinde două categorii de procese :

— *procese direct productive* (procese de producție industrială), care includ toate procesele tehnologice și toate procesele auxiliare care contribuie la producerea, transportul și distribuția energiei electrice și a căldurii produse în termoficare ;

— *procese de organizare și conducere*, care sînt activități de sesizare, înregistrare, transmitere, prelucrare și înmagazinare de informații, precum și de luare a deciziilor ; ele pot fi numite procese informațional-decizionale.

În cadrul aparatului central al ministerului, al centralelor industriale și trusturilor, al întreprinderilor de centrale și rețele electrice se desfășoară procese informațional-decizionale pentru organizarea și conducerea producției industriale, ale cărei produse finite sînt energia electrică și căldura produsă în termoficare.

În cadrul sistemului electroenergetic, considerat ca un sistem tehnologic, majoritatea activităților se situează la frontiera dintre cele două categorii de procese : direct productive și informațional-decizionale. Numărul acestor activități este în continuă creștere, ca urmare a modernizării și automatizării proceselor tehnologice și a utilizării echipamentelor de prelucrare automată a datelor.

Acest aspect, caracteristic tuturor industriilor cu un înalt grad de automatizare a proceselor de producție, are o importanță deosebită pentru ramura energiei electrice, dat fiind faptul că funcționarea sistemului electroenergetic național la parametrii tehnici și economici optimi și asigurarea unui înalt grad de siguranță în alimentarea consumatorilor sînt condiționate permanent de utilizarea și comportarea în anumite condiții prestabilite a fiecărui element component (centrală, stație, linie, consumator etc.).

Satisfacerea acestor cerințe nu poate fi concepută fără efectuarea unui schimb important de informații între factorii care concură la organizarea și conducerea funcționării sistemului electroenergetic în ansamblul său.

Dezvoltarea continuă a sistemului electroenergetic național și creșterea complexității problemelor, în cadrul activităților de organizare și conducere a acestuia, impun, pe de o parte, apelarea unui volum mereu sporit de informații în vederea luării unor decizii cu minimum de riscuri, iar pe de altă parte necesitatea ca accesul la informații să fie cît mai rapid pentru a face posibilă luarea deciziilor într-un timp optim.

Aceste necesități majore pot fi satisfăcute simultan numai în condițiile în care sistemul informațional la care se apelează utilizează ansambluri electronice pentru stocarea și prelucrarea informațiilor.

De la informație la sistem informațional

Cînd ne referim la un sistem informațional avem în vedere un ansamblu coerent de circuite de informații utile. În această definiție dată sistemului informațional intervin cîteva noțiuni, care, pentru o mai bună înțelegere a problemelor tehnice și organizatorice ce se pun în prezent în legătură cu perfecționarea actualului sistem informațional din M.E.E., vor fi explicate detaliat în cele ce urmează.

Informația. Noțiunea de informație este utilizată pentru a exprima cunoașterea unui eveniment, a unui fenomen elementar, a unei corelații între mai multe evenimente.

În cadrul unui organism economic informațiile sînt indispensabile pentru a întreprinde acțiuni, pentru a lua decizii.

Informațiile utilizate în cadrul unui sistem informațional pot fi grupate în următoarele categorii :

a) informații elementare, care reprezintă datele primare de bază ;

b) informații elaborate, care reprezintă rezultatele tratării datelor primare.

Aceste informații sînt exploatate direct de beneficiari, responsabili pentru executarea unei sarcini sau judecarea unei situații în vederea luării deciziilor ;

c) informații care definesc operațiile tratării și care reprezintă logica acțiunii.

Fiecăreia din cele trei categorii menționate îi corespunde o fază din circuitul pe care îl parcurg informațiile în cadrul unui organism economic (fig. 1).

Informațiile sesizate la locul evenimentului circulă pînă la decident, parcurgînd un drum ascendent pe scara ierarhică a funcțiilor sau a verigilor unui minister economic : secție, întreprindere, centrală, minister.

---

*) Ing. George Grigoriu este consilier la I.S.P.E.

Deciziile, dimpotrivă, parcurg un drum descendent, de la decident pînă la executantul care le transformă în eveniment nou.

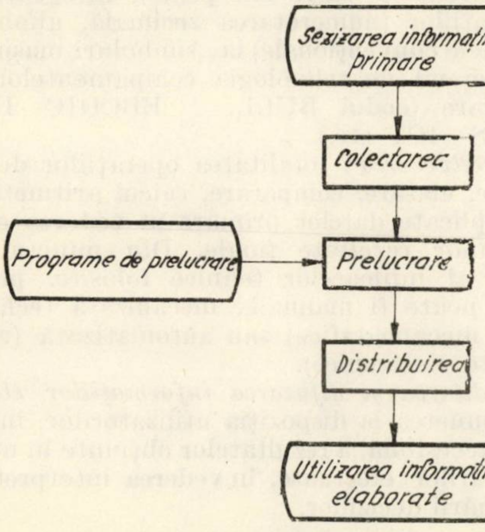

Sezizarea informaţiilor primare
Colectarea
Programe de prelucrare
Prelucrare
Distribuirea
Utilizarea informaţiilor elaborate

Fig. 1. Circuitul informaţiilor.

Informaţiile primare sesizate la locul evenimentului sînt supuse unei tratări care asigură ca decidentului să-i parvină informaţii elaborate.

Structura informaţiilor primare. Fiecare informaţie primară comportă mai multe elemente indisociabile, care pot fi grupate în două părţi distincte :

— o parte cantitativă numerică, reprezentînd o cantitate măsurată cu ajutorul unei unităţi, şi una sau mai multe părţi descriptive alfabetice (liebel, indicaţii literale diverse) sau numerice (diverse coduri, numere de identificare).

De exemplu, pentru a indica puterea nominală a unui anumit transformator, informaţia poate fi dată sub forma :

| 60 | | MVA TRAFO Nr.2 |

Partea descriptivă

Partea cantitativă

Dacă se stabileşte în prealabil ca puterile nominale ale transformatoarelor să se indice în MVA şi ca transformatoarelor să li se atribuie, în general, un cod numeric — de exemplu 313 — aceeaşi informaţie poate fi dată sub forma :

| 60 | | 313·2 |

Partea descriptivă

Partea cantitativă

Informaţie utilă sau semnificativă. În activitatea curentă, cantitatea informaţiilor ce pot fi sesizate şi înregistrate pe un suport material — direct de către om sau de către aparate înregistratoare — este practic nelimitată. Din totalul informaţiilor ce pot fi sesizate la un moment dat, numai o anumită parte, semnificativă, este tratată în vederea luării anumitor decizii. Cu aceste precizări putem da următoarea definiţie : informaţia utilă, semnificativă, este acea informaţie care, graţie unei tratări, concură la pregătirea unei decizii sau contribuie la ameliorarea cunoaşterii problemelor puse de luarea unor decizii.

O informaţie utilă trebuie să aibă un anumit grad de precizie.

Caracterul de utilitate al unei informaţii este relativ ; o anumită informaţie poate fi utilă în cadrul unui anumit circuit de informaţii sau al unei anumite perioade de timp, dar aceeaşi informaţie poate deveni inutilă în cadrul altui circuit de informaţii sau în altă perioadă de timp.

De exemplu, informaţiile privind tensiunile din reţeaua electrică de transport constituie informaţii utile pentru activitatea de conducere operativă a sistemului, dar sînt inutile în activitatea de aprovizionare cu combustibili a centralelor. De asemenea, informaţiile privind puterile debitate oră de oră de centralele foarte mici din sistem, care reprezentau acum zece ani informaţii utile pentru conducerea operativă a sistemului, în prezent, prin creşterea ponderii centralelor mari, ele au devenit inutile pentru aceeaşi activitate.

Un circuit de informaţii utile este totdeauna însoţit de un circuit-retur de decizii, pe cînd un circuit de informaţii inutile nu va genera niciodată circuite-retur de decizie. Stabilirea volumului de informaţii utile vehiculate în cadrul unui sistem informaţional reprezintă o problemă de mare importanţă, care necesită în prealabil o delimitare clară a diverselor circuite componente (subsisteme) şi o identificare a locului deciziei, a conţinutului ei şi a poziţiei decidentului.

Circuit de informaţii — subsistem informaţional — sistem informaţional. În cadrul unui organism economic (minister, centrală industrială, întreprindere) pentru activităţile desfăşurate se pot stabili grupe de activităţi omogene, complementare sau convergente, care să fie subordonate unui conducător la nivelul căruia trebuie să se stabilească decizii coordonate.

O astfel de grupare de activităţi reprezintă o funcţiune (funcţiunea de cercetare-dezvoltare, funcţiunea de producţie, funcţiunea comercială, funcţiunea financiar-contabilă, funcţiunea de personal).

Fiecare activitate luată distinct, este însoţită de un fond de informaţii specifice utilizat de către cadrele de conducere în luarea deciziilor pe parcursul activităţii respective.

Odată făcute aceste precizări, putem defini circuitul de informaţii ca reprezentînd totalitatea informațiilor utile, specifice unei anumite activități care circulă în cadrul unui organism economic de la locul evenimentului la decident.

Gruparea circuitelor de informații utile în cadrul unei funcțiuni constituie un subsistem informațional; ansamblul circuitelor de informații utile la nivelul unui organism economic formează un sistem informațional.

Existența unui sistem informațional este determinată de desfășurarea unor activități în cadrul unui organism, și nu de mărimea organismului.

Sisteme informaționale există atît la nivelul întreprinderilor, al centralelor industriale (trusturilor) și al ministerelor, cît și la nivelul economiei naționale.

Dimensiunile unui sistem informațional sînt determinate de mărimea organismului, de structura organizatorică a acestuia și de specificul activităților.

De la tratarea liberă, la sisteme integrate de tratare a informațiilor

Tratarea informației

În circuitul informațiilor (fig. 1), tratarea se intercalează între informațiile primare, generate de desfășurarea unor activități (manifestare a unei funcțiuni) și informațiile elaborate utilizate în luarea deciziilor.

Tratarea reprezintă un ansamblu de operații succesive aplicate informațiilor pentru a se ajunge de la informațiile primare la informațiile elaborate, indiferent de mijloacele utilizate în acest scop.

Operațiile aplicate informațiilor, în cadrul procesului de tratare, se pot grupa, în ordinea succesiunii lor, astfel:

— *Sesizarea* : recunoașterea și constatarea de către om sau de către un aparat adecvat a unei informații legate de un eveniment și consemnarea ei pe un suport material.

— *Colectarea* : transmiterea și gruparea la locul unde urmează să se efectueze prelucrarea informațiilor, a materialelor care au servit drept suport pentru informațiile sesizate, sau direct a informațiilor sesizate.

— *Codificarea* : operație prealabilă prelucrării informației. Codificarea are drept scop trecerea informației de la forma literară, în general ancombrantă, la o formă condensată și normalizată. Codificarea se realizează aplicînd informației literare un cod, prin cod înțelegînd un sistem de simboluri care permit să se reprezinte o informație.

Codificarea informației poate fi făcută simultan cu operația de sesizare, între operația de sesizare și cea de colectare sau după colectare.

Operația de codificare, efectuată de către om în cadrul procesului de tratare a informației, nu trebuie confundată cu codificarea, care se aplică unei informații cînd se înregistrează pe un suport accesibil unui echipament de prelucrare. În cel de-al doilea caz, codificarea are ca obiect trecerea de la simbolurile utilizate în mod curent de către om pentru înregistrarea informațiilor (numerotarea zecimală, alfabetul și semnele convenționale) la ,,simboluri-mașină'', care depind de tehnologia echipamentelor de prelucrare (codul BULL, EBCDIC—IBM, SAMAS—ICT etc.).

— *Prelucrarea* : totalitatea operațiilor de regrupare, clasare, comparare, calcul aritmetic și logic aplicate datelor primare în vederea obținerii unor rezultate finale. Din punctul de vedere al mijloacelor tehnice folosite, prelucrarea poate fi manuală, mecanizată (echipamente mecanografice) sau automatizată (echipamente electronice).

— *Editarea și difuzarea informațiilor elaborate* : punerea la dispoziția utilizatorilor, într-o formă accesibilă, a rezultatelor obținute în urma prelucrărilor efectuate, în vederea interpretării lor și luării deciziilor.

Sistem integrat de tratare a informațiilor

Sistemul integrat reprezintă o fază evoluată a procesului de tratare a informațiilor, în cadrul unui organism economic, care incumbă o anumită organizare a sistemului informațional și o anumită dotare cu mijloace tehnice pentru prelucrarea informațiilor.

Tratarea liberă a informațiilor reprezintă modul cel mai simplist de tratare la nivelul unui organism economic.

Sistemul informațional se prezintă fragmentat; fiecare compartiment de activitate organizează propriile sale circuite de informații.

Ca mijloace tehnice de prelucrare a informațiilor sînt utilizate mașinile mecanografice, care preiau numai operațiile banale (regrupare, clasare, calcule aritmetice elementare).

Tratarea regrupată a informațiilor constituie primul pas în direcția tratării integrate. Ea presupune existența, la nivelul organismului economic, a unui plan de ansamblu pentru coordonarea informațiilor necesare diferitelor compartimente de activitate. În prelucrarea informațiilor sînt utilizate echipamente electronice care permit stocări importante de informații și viteze mărite de acces la acestea.

Tratarea integrată a informațiilor are în vedere existența unei scheme logice de organizare a procesului, o înlănțuire automată a fazelor circuitului informațiilor, de la sesizare pînă la prelucrare.

Trecînd peste alte semnificații ale termenului de sistem integrat, legate de considerarea simultană a problemelor de conducere și tratare a informațiilor, în cele ce urmează se va insista asupra raționalizării procesului de tratare a informațiilor.

Plecînd de la tratarea regrupată, procesul de integrare se dezvoltă în două direcţii : pe verticală şi pe orizontală.

Integrarea pe verticală are drept scop înlănţuirea automată a diferitelor faze ale tratării informaţiei şi vizează realizarea unui lanţ de tratare integrată.

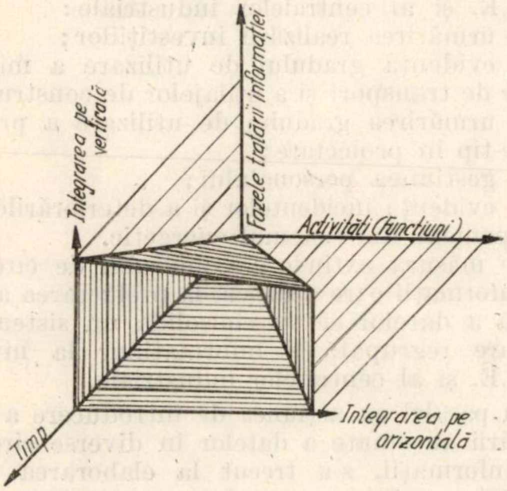


Fig. 2. Desfăşurarea în timp a procesului de integrare.

Iniţial poate exista o tratare integrată limitată la colectarea şi prelucrarea informaţiilor şi care, în timp, să se extindă atît asupra sesizării informaţiilor primare, cît şi asupra difuzării informaţiilor elaborate.

Integrarea pe orizontală are drept scop coordonarea diferitelor activităţi şi funcţiuni în cadrul aceluiaşi proces de tratare. Obiectivul integrării pe orizontală îl constituie realizarea sistemului de gestiune integrată.

Integrarea pe verticală precede integrarea pe orizontală. Conjugarea celor două direcţii de integrare conduce la realizarea unui sistem de gestiune cu un înalt grad de automatizare a tratării informaţiilor (fig. 2).

Caracteristica comună a celor două direcţii de integrare o constituie organizarea logică a informaţiilor primare interdependente sau complementare, în vederea utilizării lor automate.

Integrarea implică utilizarea echipamentelor electronice, care realizează viteze foarte mari de prelucrare a informaţiilor, intervenţia omului în timpul derulării prelucrării fiind prohibitivă. În aceste condiţii, programele de prelucrare sînt astfel concepute, încît permit să se ajungă, plecînd de la aceleaşi informaţii, la mai multe rezultate fără să fie necesare mai multe prelucrări distincte, paralele sau succesive.

Evident, un astfel de mod de lucru impune o regrupare prealabilă a tuturor informaţiilor necesare pentru a obţine rezultatele dorite. *Regruparea unor volume importante de informaţii în vederea unui număr mare de prelucrări constituie elementul fundamental al oricărei organizări integrate.*

Fişierele de date

Integrarea, oferind posibilitatea de a rezolva multiple probleme cu obiective diferite — în cursul unei singure prelucrări sau în cursul mai multor prelucrări succesive sau paralele, înlănţuite automat —, impune adoptarea anumitor proceduri în procesul tratării informaţiilor :

— sesizarea informaţiilor primare comune mai multor prelucrări ;

— constituirea unor fişiere generale în care se grupează, într-o ordine adecvată, informaţiile primare comune mai multor prelucrări (utilizatori).

În vederea constituirii unor fişiere generale este necesară o standardizare a codificării şi o unificare a denumirilor şi caracteristicilor datelor de bază codificate, operaţii ce conferă fişierelor de date posibilitatea de a deservi un cerc larg de utilizatori.

Fişierele generale trebuie să aibă o organizare modulară, care să permită dezvoltarea ulterioară prin încorporarea unor noi module şi ţinerea la zi a nomenclatorului şi a conţinutului lor.

Evidenţierea principalelor caracteristici ale tratării integrate a informaţiilor permite să se formeze o imagine asupra posibilităţilor pe care trebuie să le ofere sistemele electronice de calcul, utilizate pentru stocarea şi prelucrarea automată a informaţiilor, şi anume :

— capacitatea foarte mare de înmagazinare de informaţii pe memorii auxiliare (benzi magnetice, discuri magnetice, cartele magnetice) ;

— viteze mari de transfer al informaţiilor din (în) memoriile auxiliare în (din) memoria centrală a calculatorului ;

— posibilităţi diverse de introducere a informaţiilor primare în unitatea centrală (cartele perforate, bandă perforată) şi de restituire a informaţiilor elaborate (foi scrise la imprimantă, cartele perforate, bandă perforată, imagini pe ecrane catodice) ;

— proceduri de utilizare care să elimine intervenţia omului în lanţul diferitelor prelucrări şi să asigure exploatarea echipamentelor la nivelul performanţelor lor.

Preocupări în direcţia perfecţionării sistemului informaţional al M.E.E.

În cadrul M.E.E. funcţionează un sistem informaţional în care, dat fiind specificul sistemului electroenergetic, se vehiculează şi se stochează mari cantităţi de informaţii.

Luînd în considerare complexitatea problemelor puse de organizarea şi conducerea sistemului electroenergetic, precum şi volumul important de informaţii ce trebuie apelat în vederea optimizării deciziilor, se apreciază că actualul mod de tratare a informaţiilor este deficitar.

În cadrul ministerului, al centralelor industriale (trusturilor) şi al întreprinderilor are loc o tratare liberă a informaţiilor.

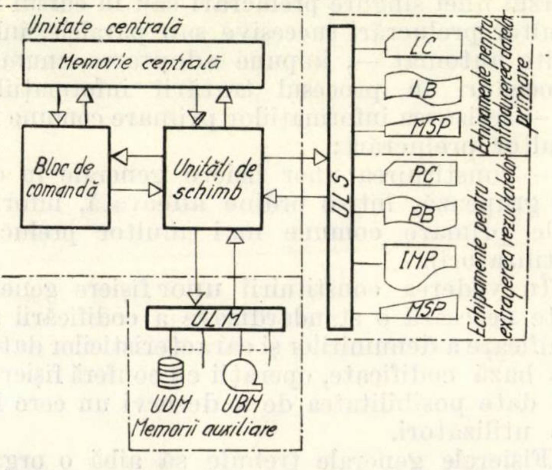


Fig. 3. Structura generală a unui sistem de calcul automat: *ULM* – unităţi de legătură multiple; *ULS* – unităţi de legătură simple; *UDM* – unităţi de discuri magnetice; *UBM* – unităţi de bandă magnetică; *IMP* – imprimantă; *MSP* – maşină de scris la pupitrul de comandă; *CPC* (*CP*) – lector (perforator) de cartele; *LB* (*PB*) – lector (perforator) de de bandă

Pentru fiecare domeniu de activitate există un circuit de informaţii, corelat în mică măsură cu celelalte circuite de informaţii în funcţiune. În prelucrarea informaţiilor sînt utilizate, numai în cîteva circuite, echipamente mecanografice.

Darea în funcţiune, în cursul acestui an, a unui sistem de calcul automat la I.S.P.E. (un calculator IRIS–50, memorie 128 K; 4 unităţi de discuri magnetice, 3 unităţi de bandă magnetică; lector şi perforator de cartele; lector-perforator de bandă; imprimantă rapidă) ce se pretează la o tratare integrată a informaţiilor, creează baza materială pentru perfecţionarea tratării informaţiilor la nivelul aparatului central al M.E.E. şi al centralelor industriale.

Înfiinţarea centrelor de calcul teritoriale şi dotarea acestora cu sisteme de calcul similare celui existent la Centrul de calcul I.S.P.E. creează posibilitatea perfecţionării tratării informaţiilor pe lanţul întreprindere – centrală – minister. Existenţa unei baze materiale reprezintă o condiţie necesară, însă nu suficientă pentru perfecţionarea tratării informaţiilor; este necesară o sistematizare a diferitelor circuite de informaţii ţinînd seama de perspectiva unei tratări integrate a acestora la nivelul M.E.E., al centralelor industriale şi al întreprinderilor.

Este necesară o analiză a datelor de bază în vederea stabilirii datelor comune mai multor circuite de informaţii. Aceste date, normalizate şi codificate, vor constitui fişierele generale la care vor apela diferitele programe de prelucrare.

Este necesar, de asemenea, să se elaboreze programe de creare şi ţinere la zi a fişierelor, programe de prelucrare a datelor de bază – înmagazinate în fişiere – care să răspundă necesităţilor de date elaborate la diverse niveluri de decizii.

În acest sens trebuie arătat că în cursul acestui an se vor proiecta sisteme de tratare a informaţiilor — cu prelucrare automată — pentru o serie de circuite de informaţii de la nivelul M.E.E. şi al centralelor industriale:

— urmărirea realizării investiţiilor;

— evidenţa gradului de utilizare a mijloacelor de transport şi a utilajelor de construcţii;

— urmărirea gradului de utilizare a proiectelor-tip în proiectare;

— gestiunea personalului;

— evidenţa incidentelor şi a deteriorărilor de echipament din sistemul energetic.

Pe măsura extinderii numărului de circuite de informaţii care apelează la prelucrarea automată a datelor se va consolida un sistem de tratare regrupată a informaţiilor la nivelul M.E.E. şi al centralelor industriale.

În paralel cu acţiunea de introducere a prelucrării automate a datelor în diverse circuite de informaţii, s-a trecut la elaborarea unor lucrări pregătitoare pentru constituirea fişierelor generale – la nivelul M.E.E. şi al centralelor industriale – cu date de bază comune mai multor circuite de informaţii.

Plecînd de la obiectul organizării producţiei, „stabilirea, alegerea şi coordonarea mijloacelor de producţie şi a forţei de muncă, în scopul desfăşurării producţiei cu maximum de eficienţă economică", eforturile au fost îndreptate în primul rînd spre constituirea unor fişiere generale pentru instalaţiile (centrale, staţii, linii, reţele de termoficare) şi consumatorii (de energie electrică şi căldură) din sistemul electroenergetic naţional.

Constituirea fişierelor generale cu date privind instalaţiile şi consumatorii din sistemul electroenergetic naţional

De ce fişiere generale pentru instalaţii şi consumatori?

O dată justificată necesitatea constituirii unor fişiere generale care să înmagazineze date de bază (primare) la care să apeleze mai multe circuite de informaţii, se pune întrebarea: cu ce fişiere să se înceapă? Răspunsul îl putem găsi urmărind sensul acţiunii în ansamblul ei.

La nivelul aparatului central al M.E.E. şi al centralelor industriale se desfăşoară numai procese informaţional-decizionale, avînd drept scop preponderent organizarea şi conducerea producţiei industriale de bază: producerea, transportul şi distribuţia energiei electrice şi a căldurii produse în termoficare.

Organizarea producţiei acţionează asupra mijloacelor de producţie şi a forţei de muncă în sensul stabilirii, alegerii şi coordonării lor. Scopul organizării îl constituie satisfacerea necesităților consumatorilor, în condițiile realizării unei eficiențe economice maxime.

Conducerea producției reprezintă totalitatea metodelor, tehnicilor și procedeelor prin care factorii de conducere de la un anumit nivel ierarhic coordonează, îndrumă și antrenează personalul din subordine în vederea valorificării într-un grad cît mai înalt a bazei tehnico-materiale și a forței de muncă, bunului mers al organismului economic (minister, centrală industrială, întreprindere) în pas cu tendințele și ritmul progresului tehnico-științific contemporan.

Analizînd conținutul activităților de organizare și conducere a producției industriale de bază, rezultă că, la nivelul ministerului și al centralelor industriale, sistemul informațional va vehicula cantități importante de informații referitoare la următoarele elemente:

— mijloacele de producție (instalațiile de producere, transport și distribuție a energiei electrice și a căldurii produse în termoficare);

— consumatorii de energie electrică și de căldură produsă în termoficare;

— forța de muncă (personalul).

În cadrul M.E.E. se desfășoară și o serie de activități de producție auxiliare, care contribuie la bunul mers al producției industriale de bază (proiectare, construcții-montaj, transporturi, fabricarea diferitelor materiale și echipamente etc.). Activitățile auxiliare la nivelul ministerului — pentru trusturile și întreprinderile care le desfășoară reprezintă activități de bază — vor interveni în cadrul sistemului informațional al M.E.E. și al centralelor industriale cu volume mai reduse de informații; ele generează circuite de informații complementare, însă convergente.

Ținînd seamă de cele expuse, apare logic ca circuitele de informații corespunzătoare activităților din sfera producției industriale de bază să aibă întîietate în ceea ce privește perfecționarea sistemului de tratare a informațiilor. Corespunzător necesităților de date de bază privind instalațiile, consumatorii și personalul, este necesar să se constituie fișiere generale, la care să apeleze toate circuitele de informații din cadrul aparatului central al ministerului sau al centralelor industriale. Practica, însă, demonstrează că în etapa actuală prioritate au circuitele de informații corespunzătoare activităților auxiliare sau circuitele de informații corespunzătoare unor activități mai restrînse din sfera producției industriale de bază.

Explicația acestei situații trebuie căutată în dificultățile inerente oricărui început. Sarcina perfecționării sistemului informațional al M.E.E. este încredințată unui personal care este în curs de formare, personal care se confruntă cu o serie de probleme noi și care va căpăta o experiență în acest domeniu, pe măsură ce va rezolva o serie de probleme concrete. În plus trebuie arătat că și la nivelul cadrelor de conducere nu există suficientă experiență atît în domeniul cunoașterii calculatoarelor, cît și în cel al cunoașterii metodelor de conducere evoluată, fapt ce îngreuiază sarcina personalului care se ocupă cu perfecționarea sistemului informațional.

În aceste condiții, deocamdată se abordează probleme mai puțin vaste, cu un grad de complexitate mai redus și care permit obținerea unor rezultate concrete la termene mai apropiate. Acest gen de probleme implică constituirea unor fișiere relativ mici, cu o utilizare restrînsă.

În paralel cu aceste preocupări de mai mică întindere trebuie desfășurate acțiuni menite să creeze condițiile necesare abordării problemelor de fond ale sistemului informațional din sfera producției industriale de bază:

— elaborarea, lansarea și controlul realizării planului de producție;

— urmărirea funcționării instalațiilor (funcționare normală, în rezervă, în revizii și reparații, în avarie);

— elaborarea balanțelor de putere și energie electrică;

— ținerea la zi a inventarului instalațiilor;

— elaborarea de diverse statistici;

— elaborarea planurilor de reparații și aprovizionarea cu piese de schimb;

— planificarea și urmărirea cheltuielilor de producție;

— elaborarea dărilor de seamă contabile și statistice etc.

Pe această linie se înscrie acțiunea de identificare, clasificare și codificare a datelor de bază în vederea constituirii fișierelor generale.

Această acțiune este de durată și antrenează examinarea, sistematizarea și codificarea unor volume imense de date.

Inventarierea datelor de bază și constituirea fișierelor generale reprezintă o primă și importantă etapă în procesul de integrare, răspunde cerințelor cunoscute în prezent. Pe măsura dezvoltării integrării pe orizontală vom asista la reevaluări ale datelor de bază și, implicit, la crearea unor noi versiuni ale fișierelor generale.

Inventarierea datelor de bază în vederea constituirii fișierelor generale ale instalațiilor și consumatorilor

După cum s-a mai arătat, inventarierea datelor comune diferitelor circuite de informație din sfera producției industriale de bază implică operații de identificare, clasificare și codificare. În acest scop, este în curs de definitivare un normativ departamental de codificare a instalațiilor și consumatorilor din sistemul energetic național.

Codificarea departamentală funcțională reprezintă o reuniune de coduri, care permite identificarea ansamblelor și subansamblelor de instalații care îndeplinesc un anumit rol funcțional în sistemul energetic, în cadrul unei apartenențe organizatorico-administrative și al unei localizări geografice bine determinate.

Codificarea departamentală este alcătuită din coduri alfanumerice reunite sub următorii identificatori :

— identificator pentru varianta de structură de cod ;

— identificator de apartenență organizatorică și administrativă ;

— identificator de localizare geografică ;

— identificator funcțional ;

— identificator pentru numărul de ordine al subansamblului funcțional.

Identificatorul funcțional permite stabilirea apartenenței instalațiilor la procesele tehnologice din sistemul energetic, precum și la la ansamblele și subansamblele funcționale. El permite, de asemenea, gruparea consumatorilor după felul energiei consumate (energie electrică sau căldură produsă în termoficare) și apartenența acestora la ramuri ale economiei naționale sau ale industriei.

Codul atribuit proceselor tehnologice are în vedere următoarele activități de producție :

— producția de energie electrică în termocentrale și hidrocentrale ;

— producția de căldură prin termoficare ;

— transportul de energie electrică și căldură, la distanță ;

— distribuția de energie electrică și căldură.

La nivel de proces tehnologic s-au mai considerat :

— schimbul de energie electrică cu sistemele electroenergetice ale altor țări ;

— consumul de energie electrică și căldură.

Pentru instalații, ansamblul funcțional reprezintă un obiectiv energetic în care se desfășoară unul dintre procesele tehnologice menționate mai sus.

S-au stabilit următoarele ansamble funcționale :

— centrala electrică ;

— stația electrică din rețeaua de transport ;

— linia electrică din rețeaua de transport ;

— rețeaua electrică de distribuție ;

— magistrala de termoficare ;

— stația termică ;

— rețeaua de termoficare.

Subansamblele funcționale reprezintă părți bine delimitate ale ansamblelor funcționale ; prin gruparea tuturor subansamblelor aparținînd unui ansamblu, se reconstituie în totalitate ansamblul funcțional.

Odată stabilite principiile care stau la baza codificării departamentale a instalațiilor și a consumatorilor, s-a trecut la operația de identificare, clasificare și codificare propriu-zisă a datelor de bază, care vor constitui fișierele generale.

Pentru fiecare ansamblu funcțional s-a conceput o „fișă descriptivă", în care sînt prezentate într-o formă standardizată, în clar și codificat, informațiile primare considerate în prezent ca necesare diferiților beneficiari de informații. Aceste informații privesc identificarea, caracteristicile tehnice și funcționale ale instalațiilor și consumatorilor din sistemul energetic.

În cadrul centrului de calcul I.S.P.E., informațiile conținute în fișele descriptive se vor înregistra pe suporturi magnetice, benzi sau discuri, pentru a se asigura un acces rapid la aceste informații în diferitele procese de prelucrare.

La întreprinderile de centrale și rețele electrice care sesizează informațiile primare și schimbările survenite în instalațiile pe care le exploatează se vor organiza fișe descriptive conform necesităților acestora.

Gradul de detaliere a informațiilor conținute în aceste fișiere este necesar să fie diferit la nivelul M.E.E. și al centralelor industriale (CIPEET și CITDEE) față de nivelul de detaliere al fișierelor păstrate în întreprinderi, deoarece M.E.E. și centralele industriale sînt foruri de îndrumare, coordonare și control, la acest nivel fiind suficientă o cunoaștere mai detaliată a instalațiilor mai importante din sistem și o cunoaștere mai sumară a celorlalte instalații.

La întreprinderile de centrale și rețele electrice, care exploatează și întrețin instalațiile energetice, este necesară cunoașterea detaliată a tuturor instalațiilor care le aparțin și, în consecință, se vor organiza fișiere detaliate ale acestora.

Fișierul general al instalațiilor și consumatorilor, organizat la nivelul cerințelor aparatului central al M.E.E. și al centralelor industriale, va reuni informații grupate pe următoarele categorii de fișe :

1. fișe descriptive individuale pentru stațiile electrice de transformare și conexiuni de 110, 220 și 400 kV ;

2. fișe descriptive individuale pentru centralele termo și hidroelectrice cu o putere instalată mai mare de 25 MW ;

3. fișe descriptive individuale pentru liniile electrice de 110, 220 și 400 kV ;

4. fișe descriptive individuale pentru marii consumatori de energie electrică și căldură ;

5. fișe descriptive cumulative pentru rețelele electrice de distribuție (mai mici de 110 kV, inclusiv de joasă tensiune) ;

6. fișe descriptive cumulative pentru centralele termo și hidroelectrice cu o putere instalată egală sau mai mică de 25 MW ;

7. fișe descriptive cumulative pentru rețelele de termoficare ;

8. fișe descriptive cumulative pentru ceilalți consumatori de energie electrică și căldură produsă în termoficare.

În cursul anului 1970, I.S.P.E. a elaborat (în mod experimental), într-o primă redactare, fişe descriptive din categoriile 1, 2 şi 3, şi anume pentru staţiile şi liniile electrice de 220 şi 400 kV şi pentru centralele electrice cu o putere instalată egală sau mai mare de 100 MW.

În cursul anului 1971, pe baza sugestiilor primite din partea factorilor interesaţi, s-a elaborat o formă îmbunătăţită şi extinsă a fişelor descriptive menţionate, formă sub care aceste fişe urmează a fi difuzate diverşilor beneficiari de informaţii şi care va sta la baza programelor de constituire a fişierelor pe suporturi magnetice.

În continuare se prevede elaborarea tuturor celorlalte categorii de fişe (4—8), astfel încît la finele anului 1972 întreaga acţiune să fie încheiată.

Pentru ţinerea operativă la zi a acestor fişe descriptive, şi, respectiv, a fişierelor generale, este necesar ca întreprinderile de centrale şi reţele electrice să sesizeze modificările survenite în instalaţii şi la consumatori şi să le comunice la Centrul de calcul I.S.P.E.

Centrul de calcul I.S.P.E. va efectua imediat, în fişele descriptive şi în fişierele constituite pe discuri sau benzi, modificările (corecţiile) respective şi va transmite utilizatorilor copii după fişele descriptive modificate. Aceasta va asigura o bază unică de referire în tot lanţul tratării informaţiei : sesizarea informaţiilor primare, prelucrarea acestora şi interpretarea rezultatelor.

★

În acest articol nu s-au abordat utilizarea calculatoarelor electronice şi organizarea datelor în domeniul calculelor tehnico-ştiinţifice şi al conducerii sistemului energetic prin dispecer.

Bibliografie

[1] Conso, P. şi Poulain, P. *Informatique et gestion de l'entreprise.* Dunod, Paris, 1969.

[2] * * * *Le traitement intégré des informations et les calculateurs electronique.* OECE, 1960.

[3] Mc Charthy, E. I. şi Mc Charthy, I. A. Sisteme integrate de prelucrare a datelor. Editura tenică, Bucureşti, 1969.

[4] Fayol, H. *Evoluţia problemelor de conducere a întreprinderilor.* Conferinţă ţinută la Bucureşti.

[5] Săulescu, C. *Sisteme integrate de prelucrare a datelor.* Buletinul CEPECA, nr. 6, 1969.

[6] * * * *Studii şi cercetări privind organizarea sistemului de prelucrare automată a datelor pentru probleme de gestiune departamentală.* I.S.P.E., Bucureşti, 1970—1971.

[7] * * * *Sistem departamental de codificare a instalaţiilor de producere, transport şi distribuţie a energiei electrice şi căldurii produse în termoficare, corelat cu codificarea naţională a produselor şi serviciilor.* I.S.P.E., Bucureşti, 1970—1971.

(Articol intrat în redacţie la 20 mai 1971)

Aspecte ale comportării motoarelor de mare putere în regimuri dinamice ale serviciilor interne ale marilor generatoare

Dr. ing. **I. Iordănescu**
ing. **G. Moraite** şi
ing. **Şt. Velicu***)

Problema continuităţii în funcţionare a grupurilor generatoare de mare putere la perturbaţii atît în reţeaua de transport cît şi în instalaţiile serviciilor interne ale centralelor electrice este în directă corelaţie cu siguranţa în funcţionare a sistemelor energetice interconectate. Analiza acestei probleme este de mare utilitate, în special în faza de studiu şi proiectare a obiectivelor energetice respective, oferind indicaţii pentru alegerea schemei de racordare a centralei electrice la sistemul electroenergetic şi asupra caracteristicilor necesare motoarelor din cadrul serviciilor interne, asupra automatizărilor şi protecţiilor prin relee din reţeaua de alimentare a acestor motoare etc.

În acest sens, în ultimul timp, pe lîngă efectuarea probelor în instalaţii [1], [3], au fost elaborate modele matematice şi programe pe calculatoarele cifrice pentru examinarea regimurilor dinamice ale motoarelor sincrone şi asincrone, cu considerarea influenţei regulatoarelor de tensiune şi viteză ale generatoarelor sub forma unor funcţii de transfer echivalente.

În cele ce urmează se prezintă rezultatele unor astfel de analize efectuate pentru serviciile interne ale unui grup generator de 60 MW şi ale unuia de 315 MW din sistemul energetic românesc.

1. Schema de funcţionare şi ipoteze de calcul

În figurile 1 *a* şi 1 *b* se prezintă schemele electrice de principiu privind modul de racordare a celor două grupuri generatoare la sistem, precum şi principiul de alimentare a serviciilor proprii.

Caracteristicile principale ale motoarelor asincrone racordate la secţiile de bare A şi B (fig. 1) se dau în tabelul 1.

Pentru efectuarea calculelor, motoarele asincrone, a căror comportare în regim dinamic a fost examinată, au fost reprezentate prin modele matematice cu considerarea alunecării, iar celelalte motoare asincrone racordate la 0,4 kV au fost considerate ca impedanţe constante.

Curbele de variaţie a momentelor rezistente (M_r) ale mecanismelor antrenate au fost exprimate prin relaţia : $M_r = C\, n^k$, în care C şi K sînt constante, considerîndu-se $K = 2$ pentru mecanismele de tip ventilator şi pompe şi $K = 0$ pentru morile de cărbune.

---

*) Autorii lucrează la I.S.P.E.

Calculele au fost făcute pentru următoarele tipuri de perturbaţii:

a) scurtcircuit în reţeaua de 6 kV a serviciilor interne;

b) transferul automat al alimentării barei A sau B (fig. 1) pe transformatorul de servicii proprii generale (bara C) prin AAR;

c) scurtcircuit trifazat în reţeaua de înaltă tensiune, cu eliminare întîrziată, datorită refuzului la declanşare al întreruptorului de linie I_1 (fig. 1), în care caz automatizările existente realizează declanşarea întreruptorului de cuplă I_3 cu o temporizare de circa 0,4 s;

d) scurtcircuit trifazat în zona barelor de înaltă tensiune, cu separarea grupului pe serviciile interne prin declanşarea întreruptorului I_4 (fig. 1).

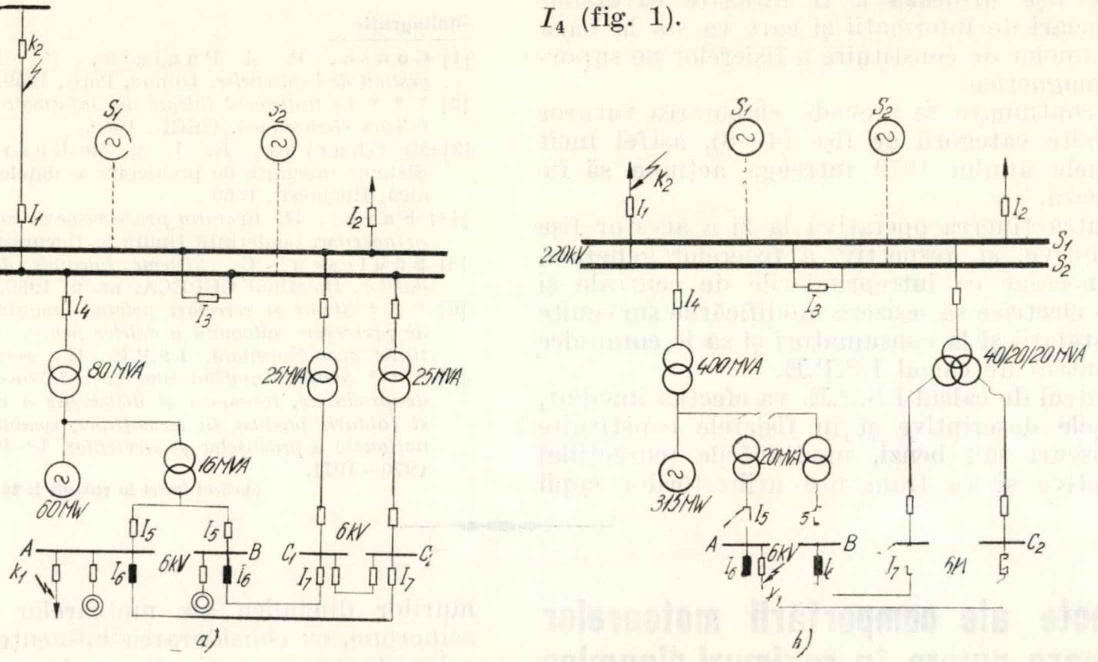


Fig. 1. Scheme electrice de principiu:
a – bloc 60 MW; b – bloc 315 MW.

Tabela 1

Parametrii motoarelor electrice de 6 kV

Nr. crt.	Denumire agregat	Bloc generator 315 MW							Bloc generator 60 MW						
		P_n kW	I_n A	n rot/min	GD^2 kgm²	r_{sc} Ω	X_{sc} Ω	X_m Ω	P_n kW	I_n A	n rot/min	GD^2 kgm²	r_{sc} Ω	X_{sc} Ω	X_m Ω
1	Pompă de alimentare	6 600	744	1 500	5 700	0,08	0,95	16,4	4 000	440	2 985	874	0,3	1,3	27,4
2	Pompă condensat principal	300	36	1 000	144	2,22	19,6	251	—	—	—	—	—	—	—
3	Pompă condensat reluare	800	91	1 485	270	0,8	8,6	146	—	—	—	—	—	—	—
4	Pompă circulaţie	535	69	371	1 480	1	10,2	105	320	39	740	247	4,2	10,4	235
5	Pompă termoficare	—	—	—	—	—	—	—	630	71,5	1480	156	2,3	10	180
6	Ventilator aer	2×900	2×102	1 490	1 850	0,3	3,1	56,5	400	50,5	744	5 500	3	13,1	149
7	Ventilator gaze	2×950	2×116	743	6 200	0,34	2,8	37,5	800	94	743	6 500	1,2	6,2	102
8	Ventilator recirculaţie	2×630	2×73	1 490	4 682	0,32	4,5	72	—	—	—	—	—	—	—
9	Mori de cărbuue	5×700	5×80	1 494	10 033	0,1	1,54	28	—	—	—	—	—	—	—

Observaţii. Pentru moţoarele 1–8 s-a considerat $M_r = C_1\,\pi^2$, iar pentru motorul 9, $M_r = C_2$.

2. Rezultatele obţinute pentru motoarele grupului de 60 MW

2.1. *Scurtcircuit trifazat în punctul* K_1

A fost considerat acest defect în scopul verificării posibilităţilor de autopornire a motoa-

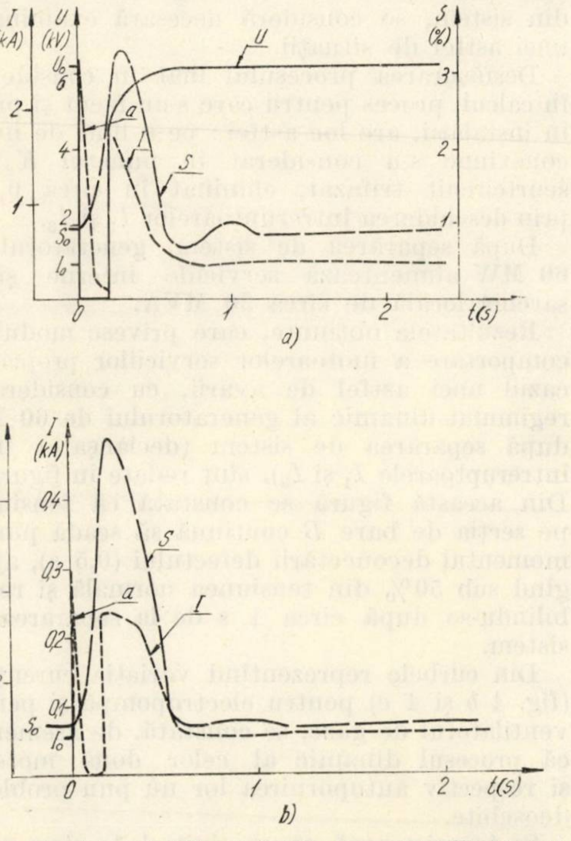


Fig. 2. Scurtcircuit trifazat 6 kV. Grup 60 MW. Variaţia tensiunii pe bare (U), a curentului (I) şi a alunecării (S) : a – motor pompă de alimentare; b – motor pompă de termoficare.

relor racordate la barele de 6 kV ale serviciilor proprii, al reglajului corespunzător al protecţiei prin relee şi al automatizărilor din instalaţiile respective. Durata admisă pentru defect este de 0,2 s.

Din figura 2 *a*, în care se reprezintă variaţia tensiunii la barele de 6 kV, la care sînt racordate motoarele, precum şi variaţia curentului statoric şi a alunecării pentru electropompa de alimentare de 4 MW, rezultă că procesul de autopornire durează mai puţin de o secundă. De asemenea, se constată că tensiunea se restabileşte în circa 0,3 s de la declanşare, alunecarea ajunge la 3,3 %, iar şocul de curent, reprezentînd circa 4 I_n, durează mai puţin de 0,2 s, evitîndu-se astfel pericolul acţionării protecţiei de curent maximal temporizată.

O frînare mai mare se înregistrează la pompa de termoficare (fig. 2 *b*), alunecarea ajungînd la circa 7 %, iar curentul absorbit de circa 5 ori I_n datorită inerţiei sale mai mici. Procesul de autopornire se stabilizează ceva mai repede (cu circa 0,2 s) decît la electropompa de alimentare.

Se menţionează că primele şocuri de curent (*a*) (fig. 2), care se amortizează sub 0,1 s de la apariţia defectului, reprezintă aportul celor două motoare la curentul de scurtcircuit în regimul supratranzitoriu.

2.2. *Trecerea automată (prin AAR) a serviciilor proprii pe transformatorul de rezervă*

Această situaţie apare la deconectarea intempestivă a întreruptorului I_5 (de exemplu al secţiei A) (fig. 1 *a*) şi închiderea prin acţiunea AAR a întreruptorului I_7 al secţiei respective, trecîndu-se astfel, după o pauză considerată în calcule de 2,8 s, alimentarea motoarelor secţiei A pe secţia C_1 a unui transformator de rezervă (fig. 1 *a*).

Examinarea variaţiei mărimilor caracteristice ale motoarelor care urmează să fie autopornite în urma unei astfel de manevre s-a făcut atît prin calcule, cît şi prin măsurători în instalaţia în care s-a executat o probă de acest fel.

O serie de rezultate sînt prezentate în figura 3 *a*, în care se poate urmări variaţia tensiunii remanente la secţia de bare (A) rămasă fără alimentare prin deconectarea întreruptorului I_5 şi racordată la secţia C_1 prin AAR, după o pauză de 2,8 s, cînd se închide întreruptorul I_7. De asemenea, se mai redă variaţia curentului absorbit de motorul acţionînd electropompa de alimentare şi variaţia alunecării acestui motor (fig. 3 *b*).

Din figura 3 *a* este de reţinut că tensiunea remanentă la secţia de bare deconectată se amortizează după 1 s (după calcul) şi la circa 2 s (după măsurători). După reanclanşare tensiunea acestor bare atinge brusc circa 0,8 U_n şi după circa 2 s se restabileşte la valoarea normală.

În ceea ce priveşte variaţia curentului, atît din figura 3 *b* (pentru electropompa de alimentare), cît şi din figura 3 *c* (pentru ventilatorul de gaze), se constată prezenţa curenţilor de circulaţie între motoare în timpul pauzei AAR, care se amortizează după 1–2 s, precum şi creşterea bruscă a curenţilor absorbiţi de la reţea în momentul anclanşării întreruptorului I_7 (fig. 1 *a*).

Valorile acestor curenţi şi amortizarea lor depind de gradul de frînare, respectiv de valorile alunecărilor în momentul racordării la secţia C_1 şi de constantele de inerţie ale agregatelor. Astfel, din figura 3 *b* se constată că electropompa de alimentare, care se frînează mai mult, absoarbe un curent de circa 7 I_n, care se amortizează după circa 2 s, pe cînd motorul ventilatorului de gaze (fig. 3 *c*) se frînează mai puţin, datorită inerţiei sale mai mari, şi absoarbe un curent de circa 6 I_n, care se amortizează aproximativ în acelaşi timp.

Concluzia în urma calculelor şi a măsurătorilor este că autopornirea tuturor motoarelor racordate, după o pauză AAR de 2,8 s, este posibilă, procesul durînd circa 2 s din momentul realimentării secţiei de bare. În ceea ce priveşte diferenţele care apar între curbele trasate după rezultatele calculelor (fig. 3, linii continue) şi după măsurători în instalaţie (fig. 3, linii întrerupte), care, după cum se constată, nu influenţează concluzia menţionată mai sus, ele se datoresc anumitor aproximaţii care s-au făcut la reprezentarea motoarelor asincrone (neconsiderarea efectului pelicular etc.), precum şi aproximaţiilor care au intervenit în datele iniţiale.

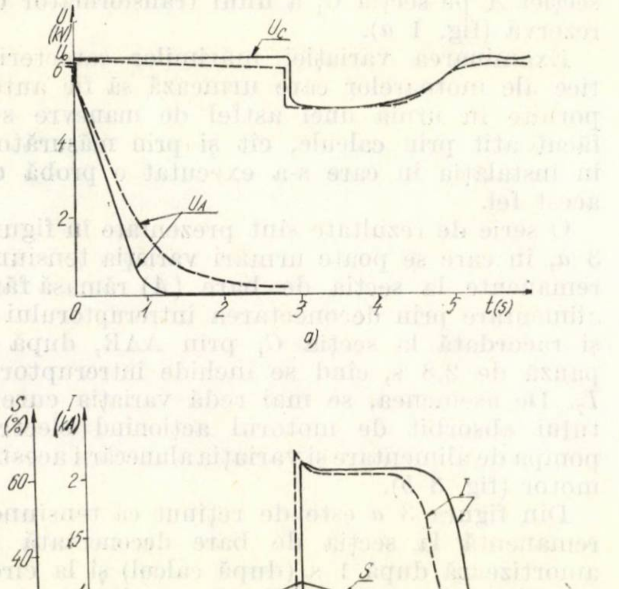


Fig. 3. AAR la 6 kV. Grup 60 MW. Rezultate de calcul (linie continuă) şi din probe pe viu (linie întreruptă) :

a — variaţia tensiunii pe bare (U_A şi U_C); b — variaţia curentului (I) şi a alunecării (S), motor pompă de alimentare; c — motor ventilator de gaze.

2.3. *Scurtcircuit trifazat în punctul K_2 (fig. 1 a)*

Acest caz de scurtcircuit, însoţit şi de refuzul declanşării întreruptorului liniei respective, apare, în general, destul de rar, dar pentru că poate avea consecinţe foarte grave prin ieşirea din funcţiune a unei părţi dintr-o centrală de mare putere, a centralei întregi sau a unei părţi din sistem, se consideră necesară examinarea unei astfel de situaţii.

Desfăşurarea procesului luat în considerare în calcul, proces pentru care s-au făcut şi probe în instalaţii, are loc astfel : pe o linie de interconexiune s-a considerat în punctul K_2 un scurtcircuit trifazat, eliminat în circa 0,5 s prin deschiderea întreruptoarelor I_1 şi I_3.

După separarea de sistem, generatorul de 60 MW alimentează serviciile interne şi o sarcină locală de circa 20 MVA.

Rezultatele obţinute, care privesc modul de comportare a motoarelor serviciilor proprii în cazul unei astfel de avarii, cu considerarea regimului dinamic al generatorului de 60 MW după separarea de sistem (declanşarea între întreruptoarele I_1 şi I_3), sînt redate în figura 4. Din această figură se constată că tensiunea pe secţia de bare *B* continuă să scadă pînă în momentul deconectării defectului (0,5 s), ajungînd sub 50% din tensiunea normală şi restabilindu-se după circa 1 s de la separarea de sistem.

Din curbele reprezentînd variaţia curenţilor (fig. 4 *b* şi 4 *c*) pentru electropompă şi pentru ventilatorul de gaze, se constată, de asemenea, că procesul dinamic al celor două motoare şi respectiv autopornirea lor nu pun probleme deosebite.

Se înregistrează un şoc iniţial de circa 2 I_n, amortizat foarte repede, constituind aportul la scurtcircuit, al doilea şoc, mai mare (circa 3 I_n), apărînd în momentul eliminării defectului.

S-a calculat, de asemenea, regimul dinamic provocat de un scurtcircuit trifazat însoţit de refuzul la declanşare a întreruptorului liniei respective (întreruptorul I_1). Automatizările existente realizează declanşarea întreruptorului de cuplă I_3, cu o temporizare de circa 0,4 s, grupul generator rămînînd în paralel cu sistemul energetic.

Analiza efectuată a condus la concluzia că grupul generator se reprinde în sincronism, iar motoarele electrice au o comportare satisfăcătoare, revenind după circa 4 s la funcţionarea normală.

3. Rezultatele obţinute pentru motoarele serviciilor proprii ale generatorului de 315 MW

3.1. *Scurtcircuit trifazat în punctul* K$_1$ *(fig. 1* b*) deconectat la* t = 0,65 *s*

Pentru a examina evoluţia procesului de autopornire şi comportarea protecţiei maximale de curent în condiţiile unui grup generator de putere mai mare, s-a examinat situația pentru un generator de 315 MW, care are, pe de o parte, motoare de puteri mai mari în cadrul serviciilor proprii (tabelul 1), iar pe de altă parte și puterea de scurtcircuit mai mare la barele acestor motoare.

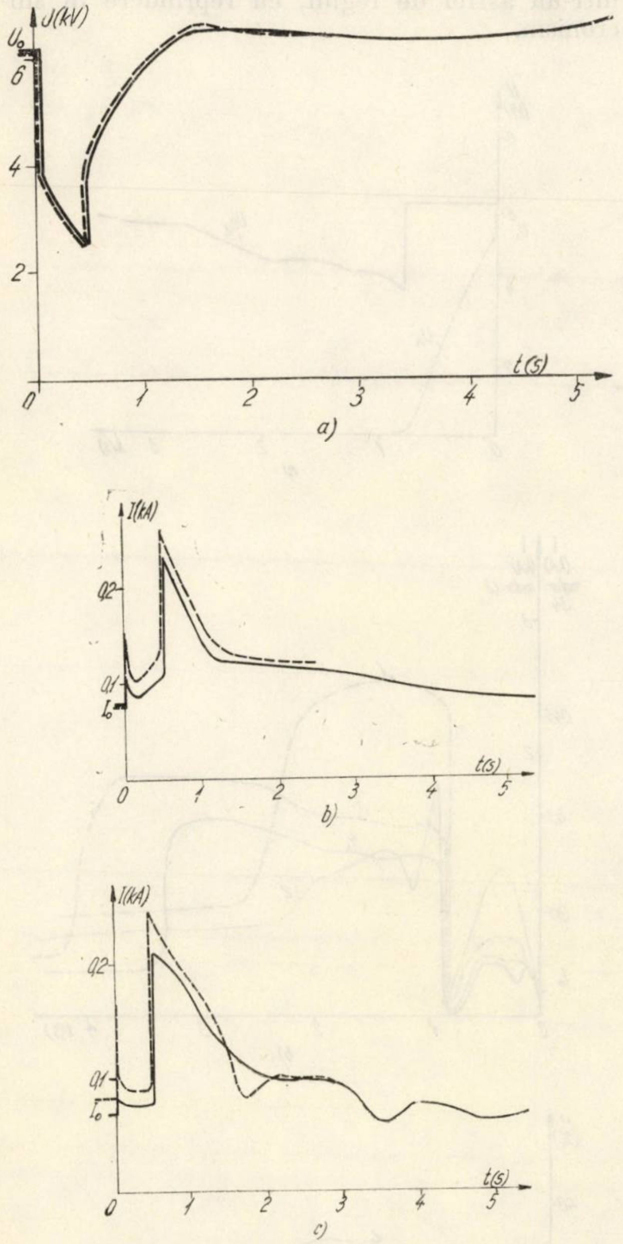


Fig. 4. Scurtcircuit trifazat 110 kV. Grup 60 MW. Rezultate de calcul (linie continuă) și din probe pe viu (linie întreruptă):

a – variația tensiunii pe bara de 6 kV; b – variația curentului, motor pompă de alimentare; c – motor ventilator de gaze.

Scurtcircuitul trifazat considerat fiind foarte aproape de secția de bare A, de la care se alimentează motoarele în tot timpul cît durează defectul (0,65 s), tensiunea pe bare este zero (fig. 5 *a*) și imediat după deconectarea plecării avariate atinge 0,75 U_n. După circa 3 s de la deconectare se atinge valoarea normală a tensiunii.

Din curbele reprezentînd variația alunecărilor (fig. 5 *c*) și curenților (fig. 5 *b*) în timpul

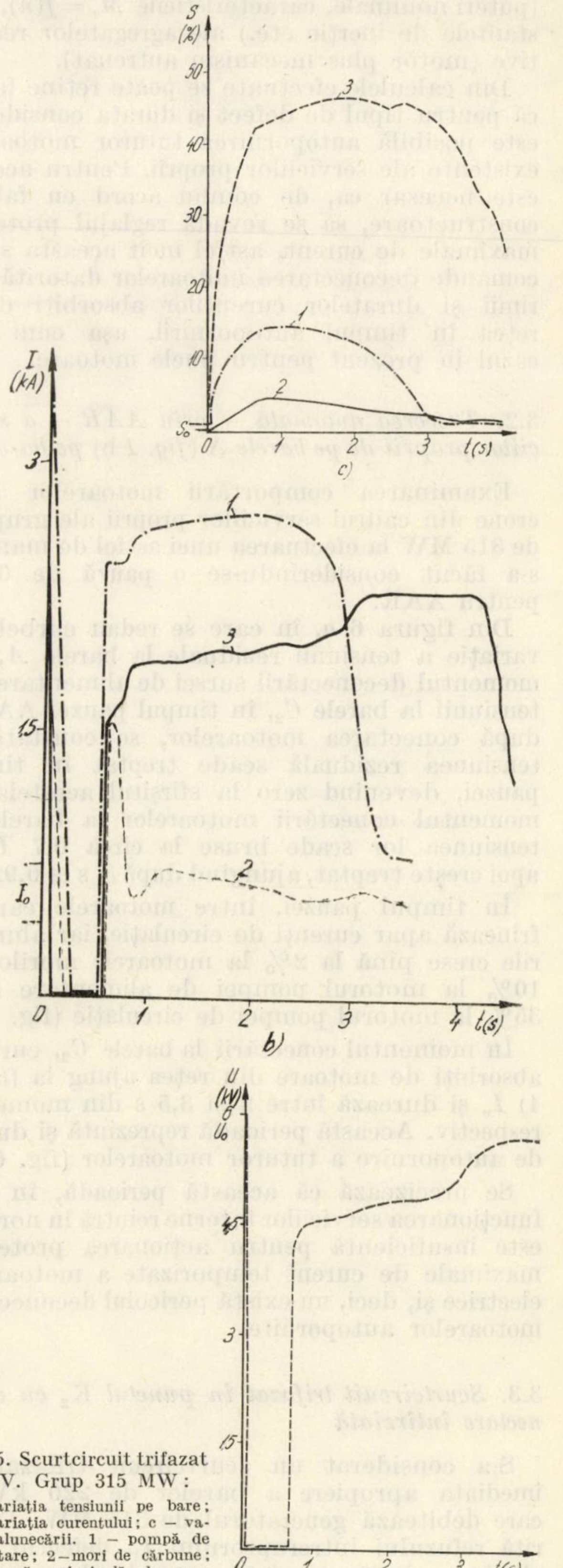


Fig. 5. Scurtcircuit trifazat 6 kV. Grup 315 MW:

a – variația tensiunii pe bare; b – variația curentului; c – variatia alunecării. 1 – pompă de alimentare; 2 – mori de cărbune; 3 – pompă principală de condensat.

scurtcircuitului și al procesului de autopornire, redate pentru motoarele la care au rezultat variații caracteristice, se constată deosebirile importante care există între diferite mărimi (puteri nominale, caracteristicile $M_r = f(n)$, constantele de inerție etc.) ale agregatelor respective (motor plus mecanism antrenat).

Din calculele efectuate se poate reține faptul că pentru tipul de defect și durata considerată este posibilă autopornirea tuturor motoarelor existente ale serviciilor proprii. Pentru aceasta este necesar ca, de comun acord cu fabrica constructoare, să se revadă reglajul protecției maximale de curent, astfel încît aceasta să nu comande deconectarea motoarelor datorită mărimii și duratelor curenților absorbiți de la rețea în timpul autopornirii, așa cum este cazul în prezent pentru unele motoare.

3.2. *Trecerea automată — prin AAR — a serviciilor proprii de pe barele* A (*fig. 1* b) *pe barele* C_2

Examinarea comportării motoarelor asincrone din cadrul serviciilor proprii ale grupului de 315 MW la efectuarea unei astfel de manevre s-a făcut considerîndu-se o pauză de 0,8 s pentru AAR.

Din figura 6 *a*, în care se redau curbele de variație a tensiunii reziduale la barele *A*, din momentul deconectării sursei de alimentare și a tensiunii la barele C_2, în timpul pauzei AAR și după conectarea motoarelor, se constată că tensiunea reziduală scade treptat în timpul pauzei, devenind zero la sfîrșitul acesteia. În momentul conectării motoarelor la barele C_2 tensiunea lor scade brusc la circa 0,7 U_n și apoi crește treptat, ajungînd după 3 s la 0,92 U_n.

În timpul pauzei, între motoarele care se frînează apar curenți de circulație, iar alunecările cresc pînă la 2% la motoarele morilor, la 10% la motorul pompei de alimentare și la 35% la motorul pompei de circulație (fig. 6 *c*).

În momentul conectării la barele C_2, curenții absorbiți de motoare din rețea ajung la (3,5—4) I_n și durează între 2 și 3,5 s din momentul respectiv. Această perioadă reprezintă și durata de autopornire a tuturor motoarelor (fig. 6 *b*).

Se precizează că această perioadă, în care funcționarea serviciilor interne reintră în normal, este insuficientă pentru acționarea protecției maximale de curent temporizate a motoarelor electrice și, deci, nu există pericolul deconectării motoarelor autopornite.

3.3. *Scurtcircuit trifazat în punctul* K_2 *cu deconectare întîrziată*

S-a considerat un scurtcircuit trifazat în imediata apropiere a barelor de 220 kV pe care debitează generatorul de 315 MW. Datorită refuzului întreruptorului I_1, defectul este eliminat după $t = 0{,}55$ s, cînd, deconectînd întreruptorul cuplei I_3, se separă grupul pe sistemul de bare S_2 și pe serviciile proprii. În această situație grupul generator a ieșit din sincronism. S-a analizat prin calcul comportarea grupului generator și a serviciilor proprii într-un astfel de regim, cu reprindere în sincronism.

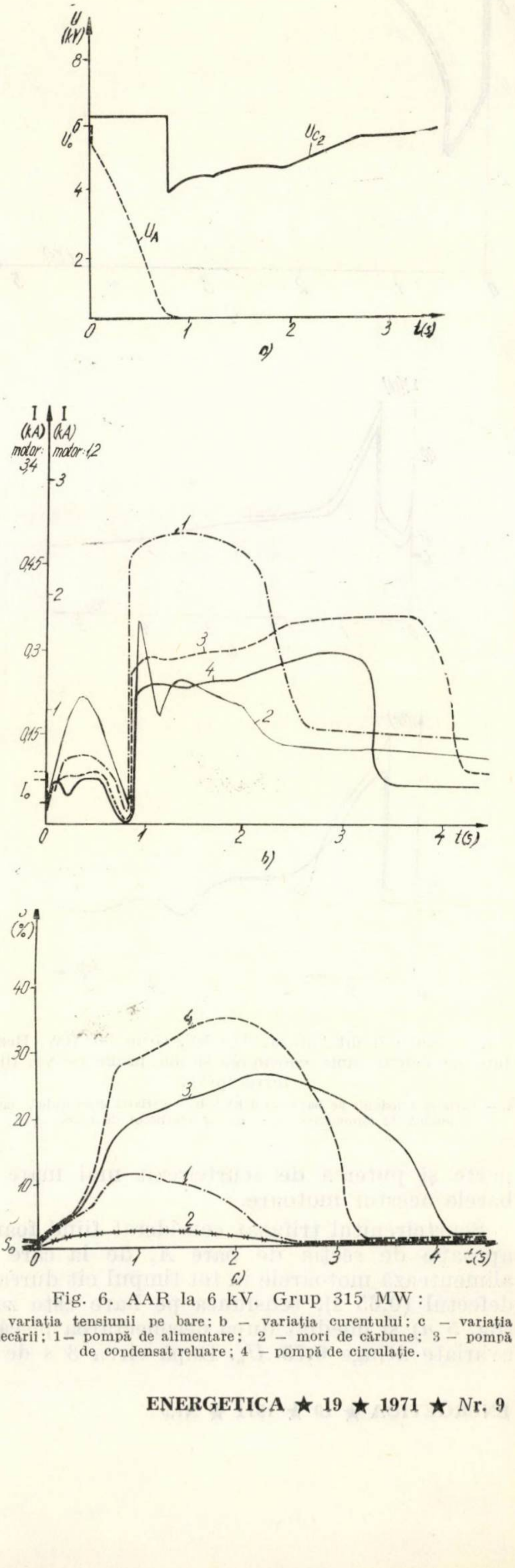


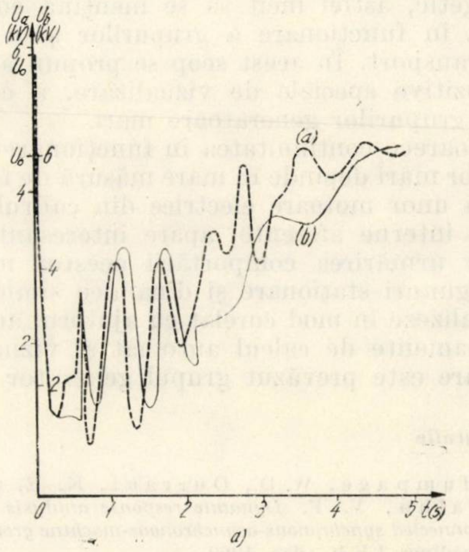
Fig. 6. AAR la 6 kV. Grup 315 MW:
a — variația tensiunii pe bare; b — variația curentului; c — variația alunecării; 1 — pompă de alimentare; 2 — mori de cărbune; 3 — pompă de condensat reluare; 4 — pompă de circulație.

Astfel, din figura 7 *a* (curba *a*) se constată că, în ipoteza menţinerii în funcţiune a tuturor motoarelor serviciilor proprii în vederea autopornirii lor, tensiunea la bornele acestora, după circa 5 s de la apariţia defectului, se stabilizează la circa 0,75 U_n. În aceste condiţii, o parte dintre motoarele importante, cu constante de timp mecanice reduse, se frînează mult (între 40 şi 70 %) (fig. 7 *b*) fără a mai putea reveni în situaţia normală de funcţionare.

Rezultă că aceste motoare (electropompa de alimentare, pompa de condensat principală ş.a.) nu au condiţii de autopornire, ceea ce conduce la scoaterea generatorului din funcţiune chiar dacă stabilitatea sa dinamică, respectiv reintrarea sa în sincronism, ar putea fi asigurată.

Pentru a evita ieşirea din funcţiune a generatorului din cauza deconectării principalelor agregate ale serviciilor proprii, s-a refăcut calculul în ipoteza că se renunţă la autopornirea electropompei de alimentare, care se deconectează prin protecţie la 2 s de la apariţia defectului, alimentarea cu apă a cazanului fiind asigurată de către turbopompa de alimentare ţinută în rezervă.

În acest caz situaţia se îmbunătăţeşte într-adevăr prin faptul că motoarele frînate puternic (fig. 7 *b*, curbele *2′*, *3′*, *4′*) sînt din nou accelerate, tensiunea la barele serviciilor proprii devenind normală după circa 5 s (fig. 7 *a*, curba *b*) de la apariţia defectului.



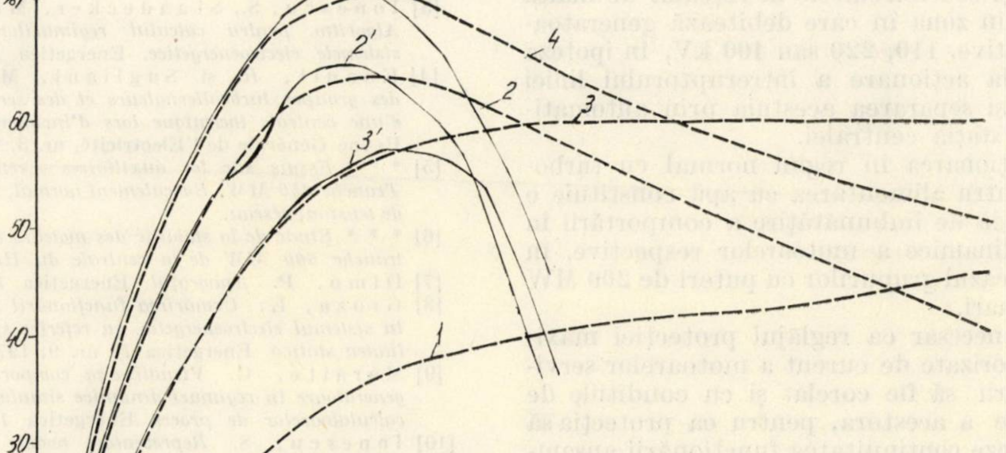


Fig. 7. Scurtcircuit trifazat 220 kV. Grup 315 MW. Funcţionarea grupului generator cu electropompa de alimentare (linie întreruptă) şi cu turbopompa de alimentare (linie continuă):

a – variaţia tensiunii pe bare; b – variaţia alunecării; 1 – pompă de alimentare; 2 – pompă de condesat principal; 3 – pompă de condensat reluare; 4 – pompă de circulaţie.

Rezultă că, în condițiile de defect considerate, sînt necesare măsuri speciale pentru asigurarea continuității în funcționare a grupului generator cu serviciile proprii aferente. O astfel de măsură constă în funcționarea în regim normal cu turbopompa, electropompele de alimentare urmînd a fi puse automat în funcțiune numai în cazul defecțiunilor apărute la turbopompă.

Concluzii

Examinarea problemelor prezentate în acest articol apare necesară pe măsura creșterii puterii unitare a grupurilor generatoare din centralele electrice și, o dată cu aceasta, a puterii motoarelor principale din serviciile interne. În astfel de situații, comportarea acestor motoare în cazul diferitelor tipuri și condiții de avarii poate să conducă la scoaterea din funcțiune a generatoarelor respective, chiar dacă stabilitatea acestora ar putea fi asigurată.

Studiile întocmite în acest sens la I.S.P.E., în cadrul cărora s-au efectuat calcule de tipul celor redate în acest material, precum și probele în instalații, care au condus la rezultate destul de apropiate, permit să se tragă următoarele concluzii mai importante :

— Printre perturbațiile tipice la care se verifică continuitatea în funcționare a motoarelor din cadrul serviciilor interne trebuie să se considere și scurtcircuitele în rețeaua de înaltă tensiune din zona în care debitează generatoarele respective, 110, 220 sau 400 kV, în ipoteza refuzului la acționare a întreruptorului liniei cu defect și separarea acestuia prin automatizările din stația centralei.

— Funcționarea în regim normal cu turbopompa pentru alimentarea cu apă constituie o măsură utilă de îmbunătățire a comportării în regimuri dinamice a motoarelor respective, în special în cazul grupurilor cu puteri de 200 MW sau mai mari.

— Este necesar ca reglajul protecției maximale temporizate de curent a motoarelor servicilor proprii să fie corelat și cu condițiile de autopornire a acestora, pentru ca protecția să nu pericliteze continuitatea funcționării ansamblului generator—servicii interne.

✶

În prezent se acordă o atenție specială urmăririi în ,,timp real'' a comportării grupurilor generatoare de mare putere, cu referire și la condițiile de stabilitate [7]—[10]. În acest mod se vine în ajutorul exploatării cu o informare cît mai adecvată luării unor decizii juste în diverse stări caracteristice ale sistemului electroenergetic, astfel încît să se mențină continuitatea în funcționare a grupurilor și a rețelei de transport. În acest scop se propun anumite dispozitive speciale de vizualizare, a comportării grupurilor generatoare mari.

Deoarece continuitatea în funcționare a grupurilor mari depinde în mare măsură de funcționarea unor motoare electrice din cadrul serviciilor interne aferente, apare interesant ca în viitor urmărirea comportării acestor motoare în regimuri staționare și dinamice simulate să se realizeze în mod corelat cu ajutorul acelorași echipamente de calcul automat și vizualizare, cu care este prevăzut grupul generator.

Bibliografie

[1] Humpage, W. D., Durrani, K. E. și Carvalho, V. F. *Dynamic response analysis of interconnected synchronous-asynchronous-machine groups*. Proceedings I.E.E., dec. 1969.

[2] Ionescu, S. și Ungureanu, B. *Studiul regimurilor dinamice ale motoarelor asincrone*. Energetica *17* nr. 10, 1969.

[3] Ionescu, S., Staadecker, M. și Iosub, I. *Algoritm pentru calculul regimurilor dinamice din sistemele electroenergetice*. Energetica *17* nr. 4, 1969.

[4] Enault, *R.* și Sagliani, M. *Comportement des groupes turboalternateurs et des services auxiliaires d'une centrale thermique lors d'incidents sur le réseau.* Revue Générale de l'Electricité, nr. 3, 1962.

[5] * * * *Essais sur les auxiliaires — centrale de Vitry. Tranche 250 MW. Basculement normal, secours. Manque de tension, réseau.*

[6] * * * *Etude de la stabilité des moteurs auxiliaires de la tranche 600 MW de la centrale du Hâvre.*

[7] Dimo, P. *Anagraful*. Energetica *19* nr. 9, 1970.

[8] Groza, L. *Urmărirea funcționării agregatelor mari în sistemul electroenergetic, cu referire specială la stabilitatea statică*. Energetica *18* nr. 9, 1970.

[9] Moraite, G. *Vizualizarea comportării grupurilor generatoare în regimuri dinamice simulate prin folosirea calculatoarelor de proces*. Energetica *18* nr. 9, 1970.

[10] Ionescu, S. *Reprezentări nodale pentru analiza stabilității statice cu considerarea influenței reglajului de tensiune*. Energetica *18* nr. 9, 1970.

Consideraţii privind alegerea parametrilor regulatorului automat de tensiune în regim dinamic

ing. **I. Pantelimon** şi
ing. **Al. Dăbuleanu***)

Una dintre metodele cele mai eficiente şi mai simple pentru realizarea unei funcţionări sigure a maşinii sincrone, în cele mai multe condiţii de avarie, o reprezintă creşterea rapidă a excitaţiei.

Alegerea unui anumit sistem de reglare a excitaţiei necesită o analiză multilaterală, din diferite puncte de vedere, cu considerarea simultană a unui număr de condiţii cu caracter general şi special.

În ultimul timp au apărut numeroase preocupări, pe de o parte pentru perfecţionarea mijloacelor de reglaj al tensiunii, în sensul sporirii exigenţelor privind asigurarea calităţii mărimilor reglate, iar pe de altă parte pentru aprecierea măsurii în care aceste mijloace sînt eifciente şi justificate tehnico-economic.

Sistemul de excitaţie şi reglaj al tensiunii unui generator sincron are următoarele roluri principale :

— în regim staţionar, asigurarea unui nivel constant de tensiune;

— în regim tranzitoriu, restabilirea tensiunii la valoarea prescrisă într-un interval de timp cît mai scurt şi cu consecinţe perturbatoare cît mai mici în restul reţelei.

Cerinţele impuse excitaţiei generatoarelor sincrone privind capacitatea, viteza şi sensibilitatea au crescut simţitor, fapt reflectat atît în dezvoltarea şi perfecţionarea regulatoarelor de tensiune, cît şi în schimbările constructive apărute în ansamblul schemelor de excitaţie în ultimii 20 de ani.

Actualmente, în literatura de specialitate [5] se întîlneşte o mare varietate de tipuri constructive a sistemelor de reglare a excitaţiei, multe din ele găsindu-şi o largă răspîndire în centralele electrice.

Elementul principal care determină particularitatea sistemului de reglaj este regulatorul. Parametrii acestuia au o influenţă deosebită asupra comportării generatorului în regim static şi dinamic. Datorită acestui fapt este importantă realizarea unor studii care să analizeze influenţa diferiţilor parametri ai sistemului de excitaţie şi ai regulatorului. Ca urmare, se pot prestabili condiţiile pe care trebuie să le satisfacă aceşti parametri pentru asigurarea funcţionării optime a maşinii sincrone în sistemul energetic [6].

Complexitatea instalaţiilor moderne de reglare automată aferentă grupurilor energetice mari, precum şi complexitatea proceselor care apar în sistemul electric au impus folosirea calculatoarelor numerice pentru rezolvarea problemelor de proiectare, punere în funcţiune şi exploatare curentă. Alegerea variantei de schemă optimă pentru reglarea parametrilor agregatelor energetice, precum şi determinarea parametrilor optimi de acordare a elementelor de reglare dintr-o schemă dată sînt însă două probleme mari care se rezolvă mai uşor cu ajutorul calculatoarelor analogice.

În acest sens, o metodă actuală de analiză calitativă a procesului de reglare este utilizarea calculatoarelor analogice, modelarea fiind realizată cu ajutorul funcţiilor de transfer ale fiecărui element din sistem.

Avantajul metodei analogice constă în aceea că sistemele de reglaj se reprezintă cu ajutorul amplificatoarelor operaţionale obişnuite şi orice modificare a parametrilor sistemului de reglaj poate să se facă relativ simplu şi rapid.

În problemele de reglaj, ele dau soluţii directe şi simple în ceea ce priveşte urmărirea efectului variaţiei unei anumite mărimi.

Este posibilă, de asemenea, o optimizare a schemelor de reglare automată a tensiunii cu ajutorul calculatoarelor analogice cu respectarea anumitor condiţii iniţiale, ca : acordarea elementelor de automatizare, liniarizarea sistemului de reglare etc.

Variantele de schemă se compară de obicei în condiţiile acordului optim realizat pe calculator, luînd în considerare principalele perturbaţii care pot interveni în exploatare.

În studiile pe calculator este necesară o reprezentare a maşinii sincrone prin scheme-bloc [7], rezultată dintr-o soluţionare a ecuaţiilor de regim tranzitoriu.

În literatura de specialitate se întîlneşte o serie de programe care modelează scheme-bloc reprezentînd maşina sincronă fie în mod detaliat (prin luarea în considerare a ecuaţiilor Park), fie în mod simplificat, funcţie de scopul urmărit.

Ţinînd seamă de complexitatea problemelor ce le antrenează studiul sistemelor de excitaţie, ca element de corelare între generator şi reţea, se tinde a se determina comportamentul unui generator cu un număr minim de parametri, impus în special de capacitatea calculatoarelor. În virtutea acestui fapt, în prezentul studiu, cu caracter didactico-metodic, generatorul a fost reprezentat ca un element cu inerţie dată de constanta de timp de mers în gol T_{d0}.

Cerinţele ce trebuie să fie îndeplinite de sistemul de excitaţie şi reglaj al tensiunii, în ceea ce priveşte funcţionarea generatorului, depind în mare măsură de proprietăţile reţelei la care este conectat generatorul respectiv. Pentru un studiu calitativ al reglării, însă, este suficientă reprezentarea simplificată a generatorului, desfășurarea procesului tranzitoriu în sistemul de reglare al excitației depinzînd în special de numărul de elemente inerțiale și de relația dintre parametrii elementelor din sistemul de excitație și din regulator.

---

*) Ing. Lucia Pantelimon este şef de lucrări, iar ing. Alexandru Dăbuleanu, este asistent la Cadera de reţele electrice a Institutului Politehnic Bucureşti.

Analiza comportării sistemelor de reglare se face de obicei pe baza unor criterii de calitate cele mai uzuale fiind abaterea dinamică maximă (suprareglarea), durata răspunsului tranzitoriu, și stabilitatea. Aplicarea acestor criterii se poate face direct, deoarece cu ajutorul calculatorului analogic se determină răspunsul tranzitoriu al sistemului la o variație-treaptă a mărimii de intrare.

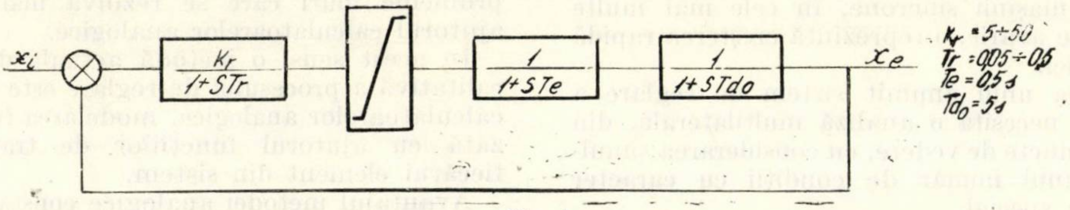


Fig. 1

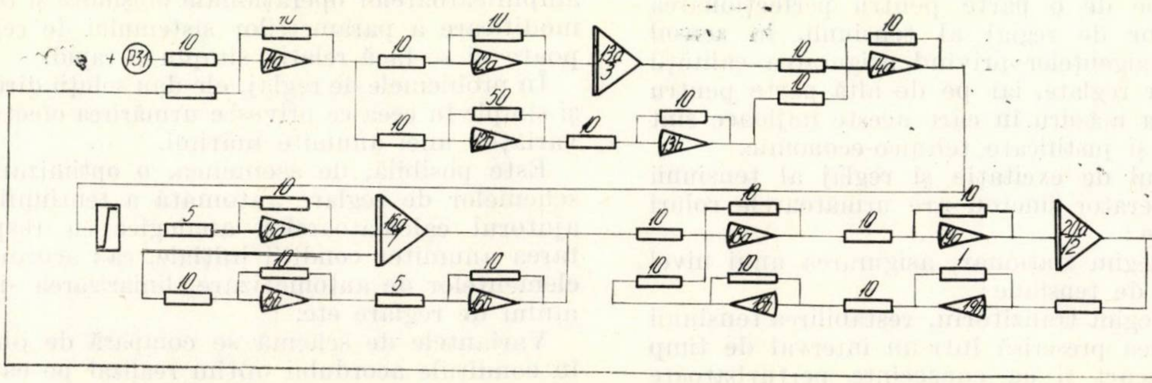


Fig. 2

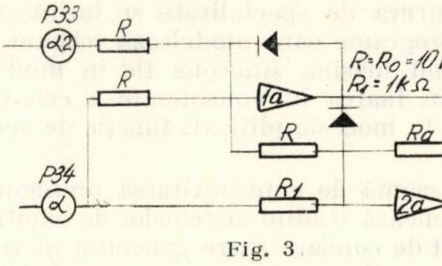


Fig. 3

Performanțele sistemului de reglare a tensiunii, menționate mai sus, depind de schema de reglare folosită (de funcțiile de transfer luate în considerare pentru reprezentarea acesteia), de calitatea acordării dinamice a elementelor de reglare, precum și de proprietățile statice și dinamice ale instalației automatizate (generatorul).

În cele ce urmează se vor descrie comparativ performanțele calitative ale unor scheme de reglare automată a tensiunii, modelate cu ajutorul calculatorului analogic Meda-41 TA de la Catedra de rețele electrice a Institutului politehnic București.

Pentru regulatoare au fost luate în considerare funcții de transfer de forma:

1) $\frac{K_r}{1+T_r s}$ — utilizată în studiile de stabilitate statică și la noi în țară [3];

2) $\frac{K_r}{1+0{,}02\,s}\left(1+\frac{1}{1{,}25\,s}\right)$ — recomandată de CIGRE [1];

3) $\frac{1+T_K s}{2K_r\,T_\Sigma\,s}$ — stabilită pe baza criteriului modulului în varianta Kessler de acordare optimă a regulatoarelor [2];

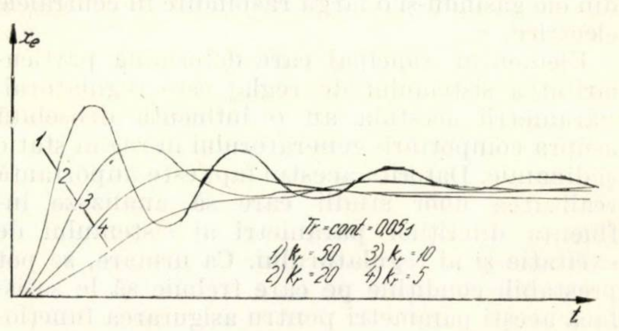


Fig. 4

în care

$T_K = 5$ secunde, reprezintă constante de timp importante (constanta T_{d0} a generatorului);

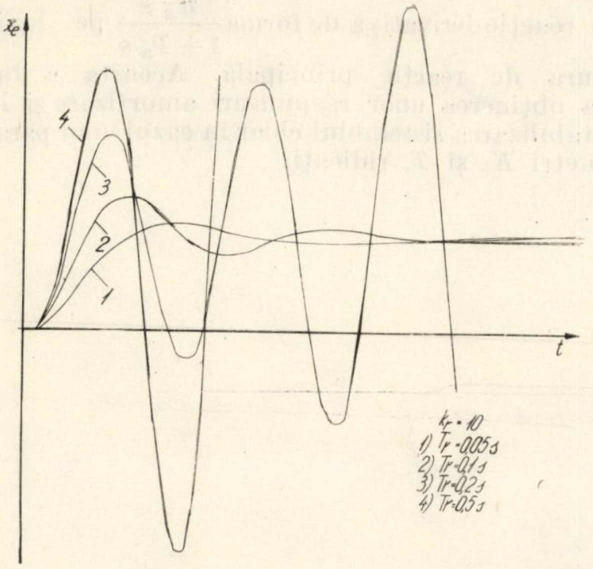


Fig. 5

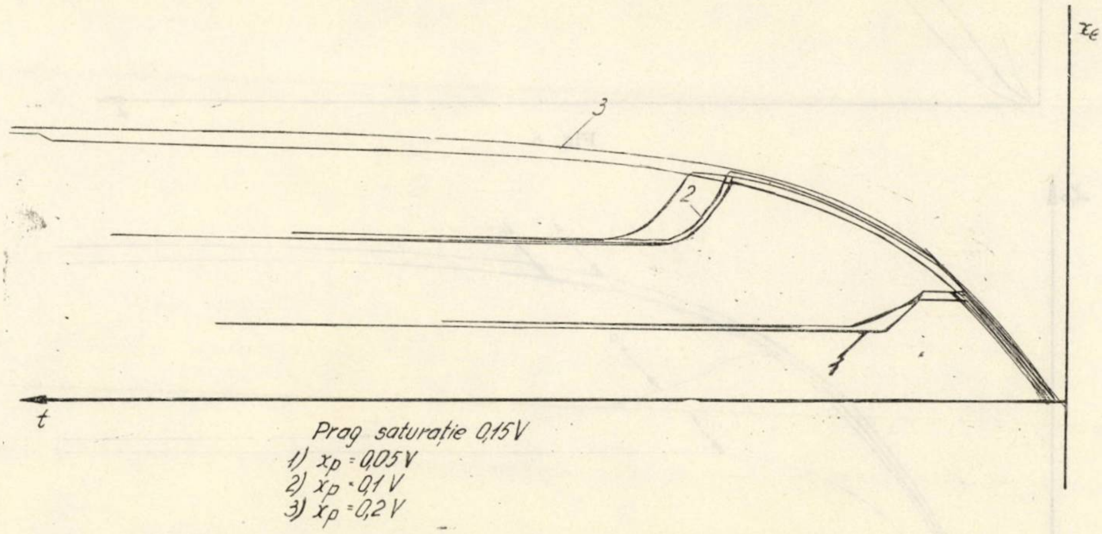


Fig. 6

$T_\Sigma = 0,5$ secunde — suma constantelor de timp parazite (constanta de timp a excitatoarei);

$K_f = 25$ — factorul de amplificare al părții fixate (excitatoare și generator).

Pentru toate variantele luate în studiu s-a ținut seama de influența neliniarităților ce apar în circuitele regulatorului și excitatoarei, influență ce se poate lua în considerare practic numai cu ajutorul calculatorului.

Datorită dificultăților legate de rezolvarea matematică, studierea răspunsurilor tranzitorii ale sistemelor de reglare automată a tensiunii se poate realiza analitic numai în condițiile sistemelor de excitație și reglare liniare.

Or, după cum se știe, limitările determinate de elementele neliniare (regulatoare, excitatoare) pot conduce la deosebiri între rezultatele teoretice și cele practice imposibil de sesizat fără ajutorul calculatorului.

În studiul parametric calitativ efectuat s-a considerat interesantă și studierea unui regulator optimizat prin criteriul modulului (în varianta Kessler) de acordare optimă a regulatoarelor [2].

Acest criteriu conduce la o comportare optimă a sistemului în raport cu perturbările. El se aplică la sistemele la care procesul este identificat în condițiile bune, fiind cunoscute atît constantele de timp importante (de exemplu, generatorul), cît și constantele de timp mici (regulator, excitatoare).

Schema-bloc utilizată a sistemului considerat este reprezentată în figura 1, iar schema de modelare în figura 2 (pentru tipul de regulator 1).

Efectele neliniarității regulatorului și excitatoarei au fost modelate cu ajutorul elementelor neliniare (fig. 3).

Pentru a stabili influența parametrilor regulatorului asupra calității reglării, a fost studiat regimul tranzitoriu al sistemului prin aplicarea la intrare a unor semnale-treaptă.

S-au ridicat caracteristicile $X_e = f(t)$, considerînd mărimi variabile factorii de ampli-

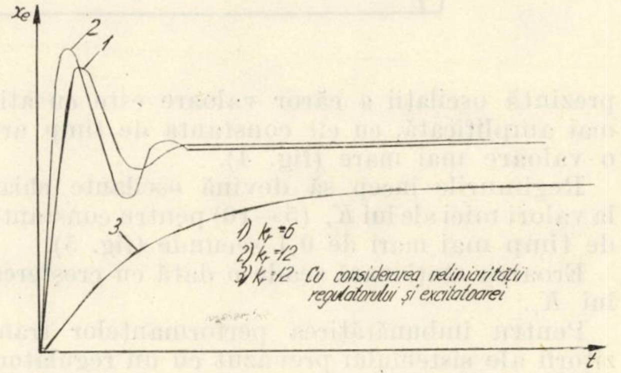


Fig. 7

ficare ai regulatorului automat de tensiune cu valori cuprinse între 5 și 50 (valori recomandate în literatura de specialitate), iar constantele de timp ale acestuia între 0,02 și 0,5 secunde.

După cum era de așteptat, la mărirea lui K_r, pentru tipul de regulator 1, regimul tranzitoriu prezintă oscilații a căror valoare este cu atît mai amplificată, cu cît constanta de timp are o valoare mai mare (fig. 4).

Regimurile încep să devină oscilante chiar la valori mici ale lui K_r (5—10) pentru constante de timp mai mari de 0,1 secunde (fig. 5).

Eroarea staționară scade o dată cu creșterea lui K_r.

Pentru îmbunătățirea performanțelor tranzitorii ale sistemului prevăzut cu un regulator, avînd funcția de transfer de tip 1, s-a considerat o reacție derivativă de forma $\frac{K_3\,s}{1+T_3\,s}$ pe legătura de reacție principală. Aceasta a dus la obținerea unor răspunsuri amortizate și la stabilizarea sistemului chiar în cazul unor parametri K_r și T_r ridicați.

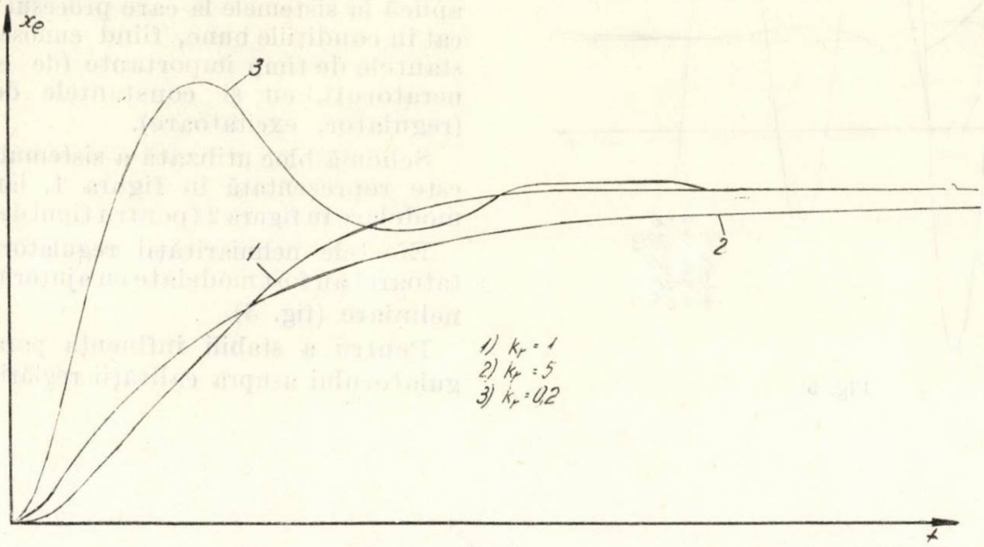


Fig. 8

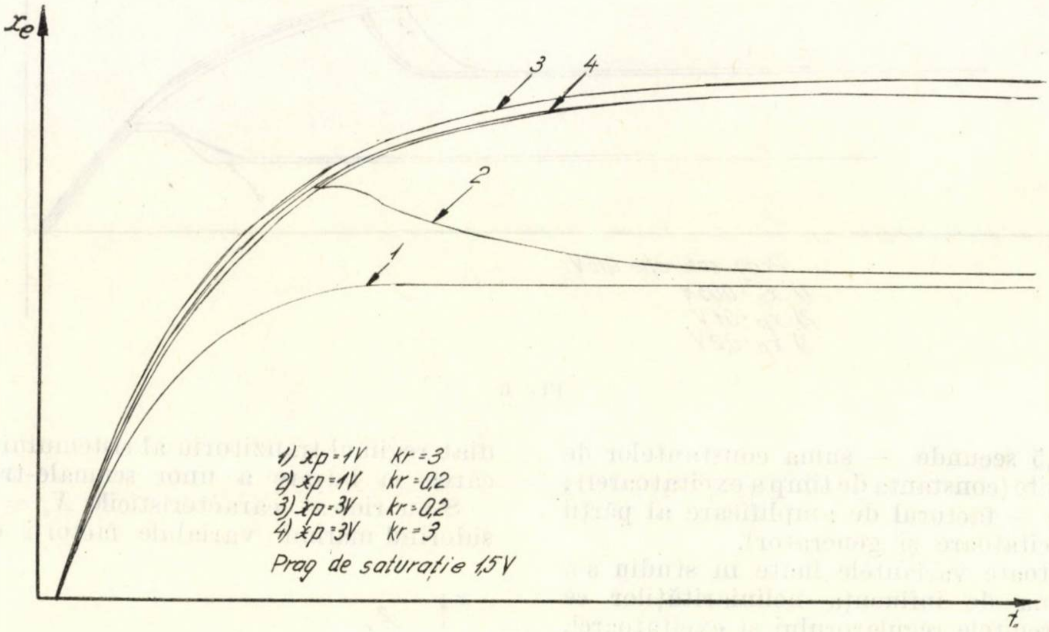


Fig. 9

Un regim de funcționare optim s-a obținut pentru un sistem de reglare prevăzut cu un factor de amplificare cuprins între 5 și 10 la o constantă de timp de circa 0,02—0,05 secunde.

S-a constatat că variația parametrilor de pe legătura de reacție derivativă nu influențează asupra calității regimului tranzitoriu.

În cazul regulatorului cu funcția de transfer de tip 2, s-a constatat că răspunsul tranzitoriu nu este influențat practic de mărimea lui K_r, dar aceasta depinde de valoarea perturbației, a cărei creștere duce la lungirea timpului tranzitoriu (fig. 6).

Așa cum se arată în figura 7, modelarea caracteristicilor neliniare ale excitatoarei și regulatorului a determinat obținerea unor regimuri puternic amortizate.

Pentru obținerea unui regulator cu calități deosebite s-a realizat optimizarea sistemului de reglaj pe baza criteriului modulului în varianta Kessler. Criteriul modulului este stabilit pentru sisteme liniare. Verificarea parametrilor optimizați pe baza acestui criteriu, în cazul în care apar și elemente neliniare, nu se poate face decît pe calculatorul analogic.

Pentru a se putea optimiza regulatorul, în prezența elementelor neliniare s-a luat în considerare un factor de amplificare variabil, K_r, funcța de transfer devenind

$$y_r = K_r \frac{1 + T_K s}{2K_f \, T_\Sigma \, s}$$

Evident, un sistem de reglare automată ar avea o comportare ideală în condițiile în care mărimea de ieșire ar urmări fără nici o întîrziere valorile mărimii de intrare și mărimea de ieșire nu ar fi cu nimic influențată de perturbații, respectiv, oricare ar fi variațiile perturbațiilor, acestea nu ar provoca nici o modificare a mărimii X_e. Ambele condiții menționate sînt ideale, în practică nefiind posibilă realizarea lor cu exactitate. Studiul acestor condiții de comportare ideală în raport cu mărimea de intrare și cu perturbațiile este, însă interesant, pentru că sistemul care va îndeplini condițiile cele mai apropiate de cele ideale, pornind de la datele inițiale specificate în cazul respectiv, va satisface implicit condiția de acordare optimă posibilă pentru cazul concret dat.

Utilizînd regulatorul optimizat prin criteriul modulului pentru sistemul liniar, s-au obținut răspunsuri tranzitorii bune, sistemul nereprezentînd erori (fig. 8).

Efectele variației factorului de amplificare în limitele uzuale nu sînt esențiale.

Creșterea lui K_r conduce la răspunsuri amortizate cu un timp tranzitoriu mai mic pentru perturbații mai mici decît pragul saturației (fig. 9).

Pentru valori ale perturbației X_p mai mari decît pragul de saturație, factorul de amplificare al regulatorului nu influențează răspunsul tranzitoriu.

Din examinarea caracteristicilor ridicate cu ajutorul calculatorului analogic s-a constatat influența deosebită a elementelor neliniare asupra calității regimului tranzitoriu al sistemului de reglare a tensiunii.

Din încercările efectuate se observă că elementele neliniare cu saturație, care intervin în orice circuit ce prezintă elemente magnetice, influențează comportarea sistemului în sensul amortizării răspunsurilor și al introducerii unei erori staționare în cazul în care perturbațiile depășesc pragul de saturație.

La toate sistemele studiate, pentru perturbații mai mari decît pragul de saturație, parametrii sistemului nu influențează răspunsul tranzitoriu.

Bibliografie

[1] I.E.E.E. Comittee Report. *Computer representation of excitation systems.* Power Apparattus and Systems, nr. 6, 1968.

[2] Călin, S. *Regulatoare automate.* E.D.P., București, 1967.

[3] Ionescu, S., Staadecker, M. și Iosub, I. *Algoritm pentru calculul regimurilor dinamice din sistemele electroenergetice.* Energetica, nr. 4, 1969.

[4] Venikov, V. A. și Stroev, V. A. *Vibor zakona regulirovaniia vozbujdeniia gheneratorov elektriceskoi sistemi na asnove metoda sinteza.* Energhetika i transport, nr. 2, 1967.

[5] Schacher, R. *Evolution de la technique du réglage de la tension des alternateurs.* Bull. Oerlikon, 1964, p. 357—358.

[6] Lebedev, V. I. și Mihnevici, G. V. *O vibore strukturi i parametrov sistemi avtomaticeskovo regulirovaniia sinhronih mașin.* Energhetika i transport, nr. 5, 1968.

[7] Ewart, D. M. și Mello, F. *A digital computer program for the automatic determination of dynamic stability limits.* I.E.E. PAS, nr. 7, 1967.

(Articol intrat în redacție la 2 noiembrie 1971)

Miscibilitatea uleiurilor de transformator

Ing. I. Sabău *)

Completarea pierderilor de ulei din cuva transformatoarelor de mare putere și foarte înaltă tensiune reclamă precauții deosebite în ceea ce privește calitatea uleiului de adaos, întrucît utilizarea unui produs necorespunzător poate duce la alterarea prematură a mediului izolant.

În general se știe că amestecarea uleiurilor izolante de fabricație diferită poate duce la înrăutățirea proprietăților dielectrice, însă directivele în vigoare, fiind depășite, nu mai pot constitui un îndreptar util.

Spre exemplu, Regulamentul de exploatare tehnică (R.E.T.), ediția 1966, prevede la capitolul 41.25 :

—Miscibilitatea uleiurilor noi sau din exploatare, în scopul umplerii sau completării încărcăturii aparatelor, se va stabili în baza rezultatelor obținute la determinarea indicilor caracteristici pentru stabilitate, și anume : pierderi dielectrice, punct de anilină, indice de refracție.

Se interzice amestecarea uleiurilor Tr 2004 cu ulei Tr 2005.

Completarea nivelului de ulei din transformatoarele în funcțiune se va face numai cu ulei nou sau regenerat chimic. Se admite completarea și cu ulei recondiționat fizic (prin filtrare) dacă caracteristicile acestuia corespund cu cele ale uleiului din transformator sau cu ale uleiului nou [1].

După cum se observă, recomandările nu oferă indicații tocmai la acele date care constituie coordonatele de bază ale problemei, și anume :

— Precizarea însușirilor care pot servi drept criteriu pentru diferențierea uleiurilor de transformator.

— Indicarea mijloacelor analitice care permit determinarea acestor caracteristici specifice.

— Concretizarea principiilor care trebuie respectate în ceea ce privește miscibilitatea uleiurilor de transformator.

În cele ce urmează se vor prezenta cîteva elemente menite să contribuie la îmbunătățirea măsurilor de precauție care se iau la completarea nivelului de ulei al transformatoarelor de mare putere și foarte înaltă tensiune, care au început să apară în punctele-cheie ale sistemului nostru energetic.

1. Tipurile principale de ulei care se fabrică în prezent

Succesele obținute în ultimele trei decenii în ceea ce privește îmbunătățirea performanțelor de calitate ale uleiurilor de transformator au fost realizate pe două căi, și anume :

— eliminarea hidrocarburilor puțin rezistente la oxidare prin perfecționarea continuă a metodelor de rafinare [2] ;

— adăugarea de inhibitori antioxidanți destinați să frîneze procesul de formare și de reacție în lanț a radicalilor liberi [3].

1.1. În trecut, cînd stadiul de alterare a uleiurilor izolante era apreciat numai în funcție de mărimea acidității organice, rezistența de oxidare a produselor a fost atribuită hidrocarburilor aromatice.

La apariția transformatoarelor cu tensiuni nominale ale înfășurărilor peste 110 kV, cînd proprietățile izolante ale uleiului au fost supuse la un control mult mai exigent, prin determinarea unghiului de pierderi dielectrice și a rezistenței specifice, s-a constatat că tocmai hidrocarburile aromatice sînt cele care determină alterarea produsului.

Cercetările făcute cu privire la componentele fracțiunii aromatice au dus la concluzia că numai o parte din aceste hidrocarburi se oxidează ușor, dar eliminarea lor selectivă în cursul procesului de rafinare întîmpină serioase dificultăți.

Ca urmare, conținutul de hidrocarburi aromatice al uleiurilor izolante a cunoscut în ultimele două decenii o substanțială scădere, fără însă ca această linie să fie unanim adoptată de producători.

În prezent există produse cu un conținut de aromate care variază între 4 și 22 %.

O primă clasificare se poate face, deci, în funcție de compoziție (tabelul 1).

Tabelul 1

Conținutul de aromate, %	Caracterul produsului
13—22	Bogat în aromate
8—12	Conținut mijlociu de aromate
4—7	Sărac în aromate

1.2. Progresele realizate în elucidarea mecanismului radicalilor liberi în procesele de oxidare au dus la tehnica utilizării inhibitorilor antioxidanți.

Substanțele care se folosesc în acest scop sînt fie de tip fenolic, fie de tip aminic.

Un inhibitor fenolic utilizat cu succes de mulți ani, pe scară mondială, este 2,6 di-terțiar-butilparacrezolul.

Inhibitorii de tip aminic nu au un reprezentant asemănător și se pare că sînt utilizați mai mult pentru aditivarea uleiurilor lubrifiante.

Ca urmare, se poate face o clasificare și în funcție de prezența sau absența inhibitorilor antioxidanți.

---

*) Ing. Ioan Sabău lucrează la I.R.E. Sibiu.

2. Caracteristicile analitice care diferențiază uleiurile de transformator

După cum s-a afirmat anterior, clasificarea uleiurilor de transformator în funcție de compoziția lor chimică reclamă determinarea cantitativă a proprietăților analitice sensibile la modificarea raportului dintre cele trei clase de hidrocarburi.

2.1. Metoda *n*, *d*, *M*, elaborată de Van Ness și Van Westen [4], face posibilă determinarea conținutului de aromate, parafine și naftene cu ajutorul indicelui de refracție, al densității și al masei moleculare medii.

Relațiile care, potrivit metodei, permit determinarea conținutului de carbon aromatic și a numărului de cicluri aromatice sînt următoarele:

$$V = 2{,}5\,(n - 1{,}4750) - (d - 0{,}851)$$

$$CA = 430\,V + 3660/M$$

Cînd $V > 0$:

$$RA = 0{,}44 + 0{,}055\,MV$$
$$CA = 670V + 3660/M$$

Cînd $V < 0$:

$$RA = 0{,}44 + 0{,}080\,MV$$

Pentru a scoate în evidență ponderea cu care cele trei mărimi analitice influențează compoziția uleiurilor izolante s-a construit diagrama din figura 1.

Conținutul de carbon aromatic, *CA* (linia continuă), și de cicluri aromatice, *RA* (linia întreruptă), se determină cu ajutorul lui $V.10^3$, aflat pe ordonată, la înălțimea punctului în care perpendiculara ridicată în dreptul indicelui de refracție interesectează dreapta corespunzătoare densității uleiului.

Punctul în care paralela cu abscisa dusă prin *V* intersectează perpendiculara ridicată în dreptul masei moleculare indică valorile pentru *CA* și *RA*.

Spre exemplu, un ulei cu următoarele caracteristici:

$$n = 1{,}4930\,;\ d = 0{,}886\,;\ M = 280$$

are

$$V = +\,10\,;\ CA = 17\,\%\,;\ RA = 0{,}60.$$

Știind că densitatea uleiurilor variază între 0,855 și 0,900, indicele de refracție între 1,4760 și și 1,5000, iar masa moleculară medie între 250 și 300, rezultă clar din diagramă că masa moleculară influențează relativ puțin mărimea conținutului de aromate și că valoarea lui *V* reflectă fidel caracterul uleiului.

Valorile lui *V* indicate mai jos caracterizează cu oarecare aproximație trei domenii de calitate, și anume:

+ 5 la + 15, uleiuri bogate în aromate;

− 5 la + 5, uleiuri cu conținut mijlociu de aromate;

− 15 la − 5, uleiuri sărace în aromate.

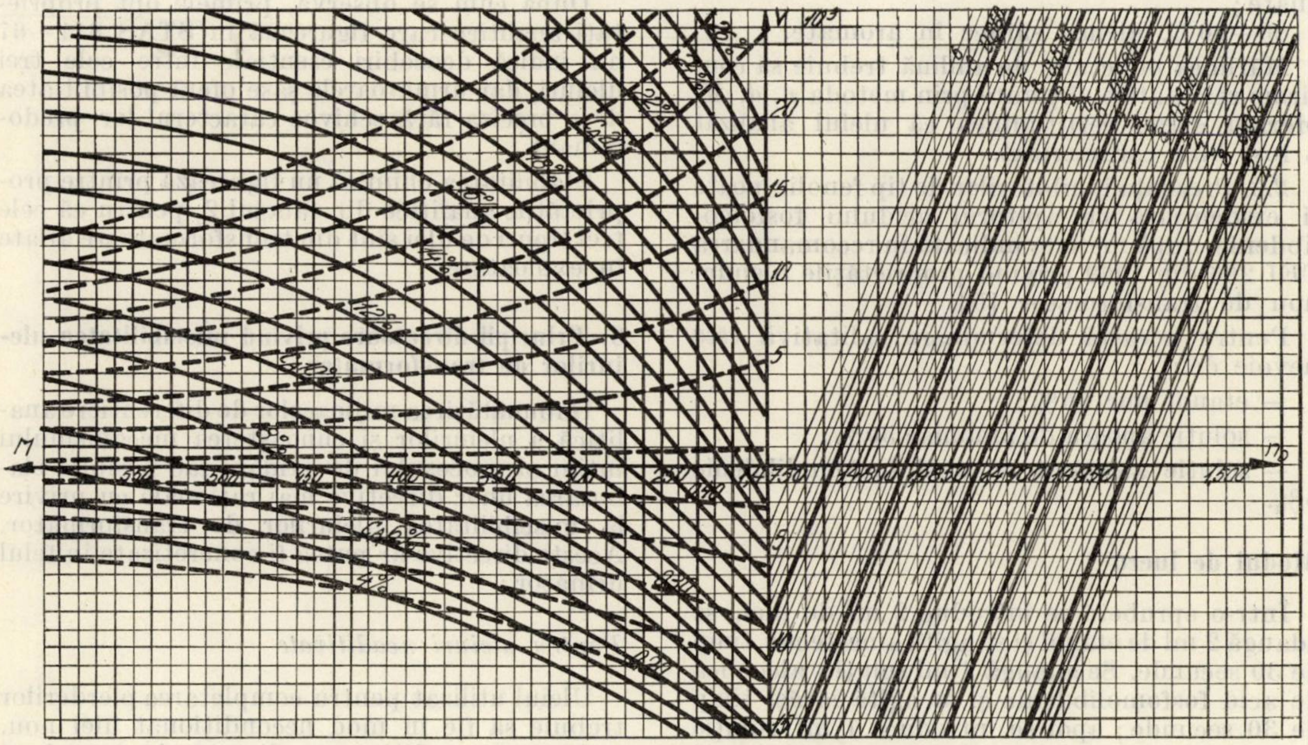


Fig. 1 Diagrama *n*, *d*, *M*.

Ulei bogat în aromate (de tipul Tr 2005, STAS 811–67) s-a fabricat prin rafinare acidă la Rafinăria Ploiești. În prezent, compoziția acestui ulei s-a apropiat foarte mult de cel cu conținut mijlociu de aromate, fabricat prin rafinare selectivă la Rafinăria Brașov.

Uleiurile sărace în aromate provin din import, fiind livrate o dată cu transformatoarele comandate în țările europene occidentale.

Dacă deosebirile calitative dintre două uleiuri cu *V* diferit sînt evidente, atunci cînd produsele au același *V* dar alte valori pentru *n* și *d*, diferențele de compoziție se datorează proporției variabile în care se găsesc hidrocarburile parafinice și naftenice.

Cu toate că utilizarea metodei *n*, *d*, *M* contribuie în mod substanțial la îmbunătățirea criteriilor actuale de miscibilitate a uleiurilor de transformator, numai proba de stabilitate efectuată conform STAS 6798–63 poate oferi garanția certă că uleiul de adaos este de calitate superioară și nu va scurta durata de serviciu a amestecului.

2.2. Determinarea punctului de anilină, realizabilă chiar și în laboratoarele modest utilate, poate contribui, de asemenea, la îmbunătățirea uleiurilor de transformator.

Această proprietate, des folosită în chimia petrolului pentru estimarea conținutului de aromate al unui produs, prezintă valori care variază în următoarele limite :

60–70°C, uleiuri bogate în aromate ;

70–80°C, uleiuri cu conținut mediu de aromate ;

80–90°C, uleiuri sărace în aromate.

Mărimea punctului de anilină trebuie să confirme rezultatele obținute prin metoda *n*, *d*, *M*, oferind astfel certitudinea că uleiul analizat a fost bine caracterizat.

2.3. Prezența inhibitorilor de tip fenolic poate fi evidențiată cu ajutorul acidului fosfomolibdenic, după metoda indicată în recomandarea CEI 296 din 1969 privind proprietățile uleiului nou de transformator [5].

Pentru această determinare calitativă este nevoie de :

— etanol pur 95 % ;

— soluție apoasă de amoniac 50 % ;

— soluție alcoolică de acid fosfomolibdenic 5 %.

Modul de lucru

Într-o eprubetă se introduc 2 ml de ulei, se adaugă 2 ml de etanol și se agită amestecul timp de 30 secunde. Se adaugă 1 ml soluție alcoolică de acid fosfomolibdenic și se agită iarăși timp de 30 secunde ; apoi se introduce 1 ml soluție de amoniac și, după o nouă agitare, se așteaptă pînă la separarea celor două faze.

Dacă uleiul conține un inhibitor de tip fenolic, se observă o colorație albastră sau albastru-violacee.

Determinarea conținutului de 2,6 di-terțiarbutilparacrezol se poate face și cantitativ, tot cu acid fosfomolibdenic, după normele ASTM D 1473–61 T.

În tabelul 2 se prezintă datele analitice a trei tipuri reprezentative de ulei.

Tabelul 2

Caracteristici analitice	Ulei bogat în aromate	Ulei cu conținut mijlociu de aromate	Ulei sărac în aromate și aditivat
Aspect	limpede	limpede	limpede
Densitate relativă la 20°C	0,890	0,880	0,860
Inflamabilitate *M*,°C	143	143	142
Viscozitate relativă, °E, la 20°C	2,96	3,39	2,94
Aciditate organică, mg KOH/g	0,04	0,04	0,02
Conținut de apă	lipsă	lipsă	lipsă
Rigiditate dielectrică, kV/cm	193	205	181
Pierderi dielectrice la 70°C, %	0,9	0,3	0,4
Punct de anilină, °C	69	78,8	85
Indice de refracție	1,4951	1,4852	1,4753
Masă moleculară medie	273	268	301
Factor de caracterizare, $V \cdot 10^3$	+11,4	−3,4	−8,2
Carbon aromatic, %	18,3	11	6,6
Inhibitor de tip fenolic	absent	absent	prezent

După cum se observă, primele opt proprietăți analitice care figurează în STAS 811–67 nu indică deosebiri esențiale între cele trei uleiuri, dar următoarele șase oferă posibilitatea de a preciza fără echivoc caracterul lor predominant.

Stabilitatea chimică nu figurează printre proprietățile analitice din tabelul 2, pentru că cele trei tipuri de ulei sînt din transformatoare aflate în exploatare.

3. Principii directoare privind miscibilitatea uleiurilor de transformator

Îmbunătățirea mijloacelor de diferențiere analitică a uleiurilor și cunoașterea mecanismului intim al procesului de oxidare fac posibilă elaborarea unor directive mai raționale cu privire la miscibilitatea uleiurilor de transformator. Aceste directive ar putea fi concretizate în felul următor :

Pentru uleiuri neaditivate

Uleiul utilizat pentru completarea pierderilor trebuie să fie în mod necondiționat ulei nou.

Această condiție este dictată de faptul că uleiul nou nu conține produse de îmbătrînire, care ar putea accelera procesul de alterare a amestecului [6].

Uleiul de adaos trebuie să aibă un conţinut de aromate mai mic sau cel mult egal cu uleiul ale cărui pierderi se completează.

Cu alte cuvinte, un ulei bogat în aromate, cu indice de refracţie de 1,4960 şi punct de anilină de 68°C poate fi completat cu ulei sărac în aromate (sau cu conţinut mijlociu), dar este contraindicat să se procedeze invers.

Performanţele de calitate ale uleiului de adaos, garantat de rezultatele probei de stabilitate chimică (STAS 6798—63), trebuie să cuprindă nu numai aciditatea organică şi conţinutul procentual de gudroane impuse de prevederile STAS 811—67, ci şi valoarea pierderilor dielectrice (tangenta de delta).

Calitatea uleiurilor de transformator este cu atît mai bună cu cît raportul între pierderile dielectrice ale uleiului după proba de alterare (STAS 6798—63) şi înainte de efectuarea ei este mai apropiat de 1.

Pentru completarea pierderilor la transformatoarele de importanţă majoră, se recomandă utilizarea de uleiuri care după proba de rezistenţă la oxidare prezintă pierderi dielectrice mai mici de 80.10^{-3} la 90°C.

Obţinerea unor astfel de produse va deveni posibilă, probabil, numai după terminarea lucrărilor de revizuire a STAS 811—67, care urmează să aibă loc în cursul acestui an.

Uleiurile livrate în baza STAS 811—67 prezintă, după proba de rezistenţă la oxidare, pierderi dielectrice care variază între 80 şi $200 \cdot 10^{-3}$.

Pentru uleiuri aditivate

Uleiurile aditivate din anumite transformatoare provenite din import ar trebui să fie completate cu uleiuri de acelaşi fel, pentru a nu diminua concentraţia aditivului antioxidant.

Prin faptul că la noi în ţară nu se fabrică încă uleiuri aditivate şi procurarea din import ai cantităţilor necesare pentru completări ar fi practic greu realizabilă, unica soluţie este respectarea directivelor stabilite cu privire la uleiurile neaditivate.

Dacă în viitorul apropiat se va elabora şi în ţară un tip de ulei izolant aditivat, acesta va fi utilizat pentru completarea pierderilor din transformatoarele cu ulei aditivat din import, numai după efectuarea unei probe de îmbătrînire artificială a amestecului.

În cazul în care acest lucru nu se poate face, este preferabil ca pentru completare să se utilizeze tot ulei sărac în aromate, dar neaditivat.

Concluzii

Diferenţierea uleiurilor de transformator se poate face prin metoda *n*, *d*, *M* şi determinarea punctului de anilină.

Prezenţa inhibitorilor antioxidanţi de tip fenolic se poate pune în evidenţă cu ajutorul acidului fosfomolibdenic.

Pentru completarea pierderilor de ulei din transformatoare este necesar să se utilizeze numai ulei nou.

Uleiul de adaos trebuie să aibă un conţinut de aromate mai mic sau cel mult egal cu uleiul din agregatul ale cărui pierderi se completează.

Uleiurile aditivate din transformatoarele provenite din import se vor completa ţinînd seamă de aceleaşi reguli stabilite pentru uleiurile neaditive.

După efectuarea probei de rezistenţă la oxidare, pierderile dielectrice ale uleiului de adaos neaditivat nu trebuie să depăşească $80 \cdot 10^{-3}$, iar ale uleiului aditivat $20 \cdot 10.^{-3}$

Bibliografie

[1] * * * M.E.E. *Regulamentul de exploatare tehnică a centralelor şi reţelelor electrice*. Bucureşti, 1966.

[2] Danilov, B., Cristescu, M., Dima, C., Mitacu, A. şi Stan, A. *Influenţa compoziţiei chimice şi a limitelor de distilare asupra stabilităţii la oxidare şi a proprietăţilor dielectrice ale uleiului de transformator*. Petrol şi gaze nr. 7, 1968.

[3] Rădulescu, G., Grigoriu, D., Popescu, D. şi Schorr, V. *Fabricarea produselor petrolifere*. Editura tehnică, Bucureşti, 1970.

[4] Ioanesi, N., Tescan, V. şi Conrad, M. *Analize de laborator în prelucrarea ţiţeiului*. Editura tehnică, Bucureşti, 1966.

[5] * * * Commission Electrotehnique Internationale. *Specification des huiles isolantes neuves pour transformateurs et interrupteurs*. Publication 296, Genève, 1969.

[6] Vereinigung DeutscherElektrizitätswerke. *Ölbuch*.VWEW —Franckfurt/Main, 1963.

(Articol intrat în redacţie la 7 aprilie 1971)

◆

Principii ale tarifării energiei electrice și a căldurii

Ing. M. Grăniceanu*)

Spre deosebire de alte produse, energia electrică și căldura sînt caracterizate în special de faptul că producerea și consumul lor sînt simultane, fără posibilități de stocare, fiind ținute permanent la dispoziția unui număr foarte mare de consumatori mult diferențiați ca structură și mărime a consumului și care au posibilitatea, în limita capacității instalației lor de racord, de a consuma în fiecare moment atît cît au nevoie.

Din aceste caracteristici rezultă că instalațiile de producere, transport și distribuție a energiei electrice și a căldurii trebuie dimensionate la capacitatea corespunzătoare necesităților maxime simultane ale tuturor consumatorilor în condițiile unui consum foarte variabil, în decursul unei zile și de la o zi la alta. Pentru a se asigura un grad cît mai ridicat de utilizare a acestor instalații și o structură corespunzătoare, sînt necesare măsuri de raționalizare a consumului, un rol important revenind sistemului tarifar, care trebuie să contribuie la cointeresarea materială a consumatorilor în vederea realizării scopului arătat.

La baza stabilirii tarifelor pentru energia electrică și căldură stau structura sistemului energetic și caracteristicile instalațiilor ce-l compun, nivelul și structura cheltuielilor de producere, transport și distribuție, structura și caracteristicile de consum ale consumatorilor, gradul de concentrare a consumatorilor și a zonelor de consum concomitent de energie electrică și căldură, structura resurselor de energie primară disponibile pentru producerea energiei electrice și a căldurii, precum și obiectivele concrete economice și social-culturale urmărite de politica generală a economiei naționale pentru o anumită perioadă.

Ținînd seamă de faptul că elementele de bază enumerate evoluează în timp, apare necesitatea ca și sistemele de tarifare a energiei electrice și a căldurii, precum și nivelul tarifelor să fie modificate periodic pentru a corespunde noilor condiții și cerințe, un sistem tarifar bine fundamentat trebuind totuși să aibă o durată de aplicare de aproximativ zece ani.

Actualele sisteme de tarifare a energiei electrice și a căldurii au fost elaborate în perioada 1961—1962, luînd în considerare elementele de bază cunoscute la acea dată, și au fost aplicate începînd din 1963 (cu unele modificări privind în special nivelul tarifelor de căldură din anii 1968 și 1969).

Principalele prevederi ale actualelor sisteme de tarifare sînt următoarele :

Pentru energia electrică

a) Tarif binom pentru marii consumatori industriali (cu puteri peste 50 kW), la care taxa de putere este stabilită, după posibilitățile de măsurare, în funcție de puterea absorbită la orele de vîrf, puterea absorbită indiferent de ora la care apare, puterea instalată sau puterea racordată, iar prețul energiei este stabilit, de asemenea, în funcție de posibilitățile de măsurare, diferențiat sau nu, după perioada din zi în care are loc consumul, și anume în orele de vîrf sau în afara acestora.

b) Tarife monome pentru restul categoriilor de consumatori, diferențiate în funcție de categoria consumatorului (iluminat și utilizări casnice, iluminat general, iluminat public, irigații, alte consumuri agricole, tracțiune electrică urbană, tracțiune electrică interurbană, mici consumatori de forță, foraj-extracție petrolieră, magazine comerciale), cu prețuri diferențiate, de asemenea, în funcție de posibilitățile de măsurare, după cum consumul are loc în timpul orelor de vîrf sau în afara acestora, respectiv în cazul consumatorilor casnici, cu prețuri diferite pe tranșe.

Aceste două tarife sînt unice pe țară, diferențiate pe categorii de consumatori, dar independente de tensiunea la care se livrează (cu excepția tarifului pentru tracțiunea electrică interurbană, la care prețul este diferențiat după tensiunea de alimentare) și de gradul de siguranță în alimentarea consumatorilor.

În cadrul sistemului tarifar în vigoare, în afară de tarifele de bază de mai sus sînt prevăzute reduceri și majorări, bonificații și penalizări, astfel :

— reduceri tarifare pentru consumatorii sezonieri de vară, pentru consumatorii-tampon de energie electrică, precum și pentru o serie de consumatori nominalizați foarte importanți (tarife preferențiale) ;

— reduceri sau majorări tarifare în funcție de factorul de putere sub care se absoarbe energia electrică, care se suportă sau se varsă de către M.E.E. la bugetul statului ;

— reduceri tarifare pentru livrarea energiei electrice cu tensiune și frecvență în afara toleranțelor legale ;

— penalizări pentru depășirea de către consumatori a puterilor aprobate pentru orele de vîrf ;

— penalizări pentru furnizarea insuficientă de energie electrică de către distribuitori.

Aceste sisteme tarifare au avut o influență pozitivă în folosirea mai rațională și în stimularea anumitor categorii de consumatori în intervalul care s-a scurs de la aplicarea lor și pînă în prezent. Printre rezultatele pozitive obţinute se numără : reglarea curbei de consum la marii consumatori industriali prin reducerea consumului din orele de vîrf de sarcină ale sistemului electroenergetic sub consumul mediu, cu o influenţă pozitivă în aplatizarea curbei de sarcină a sistemului, îmbunătăţirea factorului de putere sub care s-a absorbit energia electrică de către marii consumatori industriali, stimularea consumului de energie electrică la unele categorii de consum mai slab dezvoltate, ca : irigaţii, agricultură, iluminat şi utilizări casnice etc.

---

*) Ing. M. Grăniceanu este șef serviciu în Ministerul Energiei Electrice.

Pentru căldură

a) Tarife binome pentru căldura livrată marilor consumatori industriali în scopuri tehnologice (cu excepţia consumatorilor alimentaţi de CET Işalniţa, pentru care s-a stabilit un tarif monom).

b) Tarife monome pentru restul categoriilor de consumatori, diferenţiate în funcţie de categorii de consumuri şi de consumatori (populaţie, încălzirea spaţiilor de lucru ale instituţiilor şi întreprinderilor, consumuri tehnologice în agricultură şi la micii consumatori industriali).

Tarifele binome şi monome pentru căldură sînt unice pe ţară (cu excepţia căldurii livrate din centralele pe cărbuni puse în funcţiune după 1962), diferenţiate pe categorii de consumuri şi de consumatori şi după agentul termic folosit (abur sau apă caldă), dar independente de parametrii acestuia şi de gradul de siguranţă în alimentarea consumatorilor.

Pe lîngă tarifele de bază de mai sus, sistemul tarifar prevede reduceri şi majorări, bonificări şi penalizări, şi anume :

— reduceri sau majorări tarifare pentru marii consumatori industriali care returnează furnizorului cantităţi de condensat mai mari sau mai mici decît cele rezultate din procentele prevăzute în proiectele instalaţiilor tehnologice, sumele respective suportîndu-se sau vărsîndu-se la bugetul statului ;

— reduceri tarifare pentru unii consumatori foarte importanţi nominalizaţi (tarife preferenţiale).

★

Principalele elemente care determină sistemele tarifare şi nivelul tarifelor au suferit modificări substanţiale în perioada 1962—1970 în sectorul de distribuţie publică, astfel :

— puterea unitară medie a centralelor termoelectrice cu abur a crescut de la 43 MW la 151 MW, ajungîndu-se în 1970 la centrale cu puteri pînă la 980 MW pe centrală, faţă de 175 MW maximum în 1962 ; concomitent, puterea unitară maximă a grupurilor electrogene a crescut de la 50 MW în 1962 la 315 MW în 1970 ; totodată au crescut parametrii aburului folosit în centralele termoelectrice şi capacitatea cazanelor de abur ;

— în totalul energiei din centralele termoelectrice publice, ponderea energiei electrice produsă pe bază de cărbuni a crescut de la 23,3% în 1962 la 33,1% în 1970 ;

— producţia de căldură a crescut într-un ritm mai rapid (de 8 ori) decît cea de energie electrică (de 4 ori), ca urmare atît a apariţiei marilor platforme industriale consumatoare de energie electrică şi căldură, cît şi a extinderii şi dezvoltării termoficării urbane şi a serelor legumicole ;

— prin introducerea tensiunilor de 220 şi 400 kV, reţelele electrice de 110 kV au fost practic transformate din reţele de transport în reţele de distribuţie, numeroşi consumatori fiind alimentaţi direct din reţeaua de 110 kV ;

— s-a schimbat ponderea cheltuielilor fixe şi variabile în totalul cheltuielilor de producţie ale energiei electrice şi căldurii, şi anume între 1964 şi 1970 ponderea cheltuielilor variabile a crescut de la 47,3% la 53,3%, în timp ce aceea a cheltuielilor constante a scăzut de la 52,7% la 46,7% ; nivelul cheltuielilor de producţie a scăzut în aceeaşi perioadă cu 21,8% la energia electrică şi cu 8,9% la energia termică ;

— în structura consumului de energie electrică şi de căldură au apărut categorii noi de consumatori (irigaţii, transport electric feroviar, sere legumicole), a crescut ponderea consumatorilor foarte mari, precum şi cea a consumatorilor pretenţioşi în ceea ce priveşte continuitatea alimentării şi a menţinerii parametrilor energiilor consumate.

Schimbările menţionate îşi păstrează valabilitatea şi în perspectivă, pînă în anul 1980.

★

Ca urmare a schimbărilor intervenite din 1962 pînă în prezent la cele mai multe dintre elementele de bază care determină sistemele şi nivelul tarifelor pentru energie electrică şi căldură, se impune o revizuire a acestora, deoarece nu mai corespund din următoarele puncte de vedere :

a) Nu reflectă costurile diferenţiate pe nivelurile de tensiuni la care se livrează energia electrică, respectiv pe nivelurile de presiune a aburului livrat (inclusiv a aburului folosit pentru încălzirea apei fierbinţi livrate), deşi există diferenţe sensibile în preţul de cost pentru fiecare dintre nivelurile de tensiuni, respectiv de presiuni ; datorită acestui fapt, consumatorii nu sînt cointeresaţi să solicite energie electrică la tensiuni cît mai ridicate, respectiv abur la parametri cît mai reduşi, diminuînd astfel efectul favorabil al termoficării.

b) Nu reflectă, prin structura lor, noile ponderi ale cheltuielilor constante şi variabile în preţul de cost al energiei electrice şi al căldurii.

c) Cointeresarea consumatorilor în reglarea curbelor lor de consum de energie electrică şi căldură, deci în aplatizarea curbei de sarcină a sistemului electroenergetic, respectiv a centralelor de termoficare, se realizează numai la marii consumatori industriali, deşi între timp au apărut şi alte categorii de consumatori importanţi (irigaţiile, marile combinate agrozootehnice etc.).

d) Nu îi cointeresează pe consumatori la stabilirea corectă a puterilor electrice, respectiv a debitelor termice maxime efectiv necesare, ceea ce conduce adesea la supradimensionări ale instalaţiilor de producere, transport, distribuţie şi racord şi deci la un grad de utilizare redus al acestora.

e) Nu îi cointeresează pe marii consumatori la stabilirea corectă şi economică a gradului de siguranţă cerut în alimentarea cu energie electrică şi căldură şi, totodată, nu reflectă costurile suplimentare ocazionate de asigurarea gradului de siguranţă sporit. Această situaţie este mai gravă în cazul căldurii, deoarece rezerva de capacitate de producţie trebuie realizată în fiecare dintre sistemele de termoficare respective care au caracter local.

f) Deşi preţul de cost a scăzut, tarifele actuale nu asigură acumulări care să permită un grad suficient de autofinanţare pentru dezvoltarea instalaţiilor energetice corespunzător necesităţilor de consum de energie electrică şi căldură.

g) Existenţa de tarife preferenţiale prevăzute în prezent pentru numeroşi consumatori de energie electrică şi pentru doi consumatori de căldură (Combinatul petro-chimic Brazi şi Combinatul chimic Borzeşti) nu se mai justifică, deoarece şi la aceşti consumatori este economic să se aplice principiile generale de tarifare.

h) Nu stimulează consumul de energie electrică în timpul nopţii, ceea ce duce la o slabă utilizare a capacităţilor de producţie şi transport în această perioadă (centralele termoelectrice de bază fiind adesea în situaţia de a funcţiona noaptea la minimul tehnic, ceea ce constituie un regim neeconomic).

i) Pentru unele categorii de consumatori de energie electrică (irigaţii, agricultură, parte din consumatorii preferenţiali etc.), tarifele actuale nu acoperă costurile efective.

j) Sistemul de reduceri şi majorări tarifare la energia electrică în funcţie de factorul de putere realizat de fiecare consumator, în raport cu factorul de putere neutral stabilit prin tarife, conduce periodic (pe măsura luării de către consumatori de măsuri de ameliorare a factorului de putere) la dificultăţi privind posibilităţile de acoperire a sumelor datorate de furnizori ca reduceri tarifare din sumele încasate cu majorări trifare, iar corectarea acestei situaţii, prin mărirea în continuare a factorului de putere neutral, nu mai este posibilă întrucît s-au atins practic limitele optime medii; în plus, în cadrul sistemului de reduceri-majorări menţionat (care se plătesc, respectiv se varsă la buget, fără a influenţa balanţa de cheltuieli şi venituri a furnizorului), cheltuielile furnizorului aferente energiei electrice reactive au fost prevăzute să se recupereze prin tarifele de energie electrică activă, ceea ce afectează în mod egal, şi deci injust, pe toţi consumatorii, indiferent de factorul lor de putere.

k) Sistemul de bonificaţii şi penalizări la căldură, în funcţie de procentul de apă caldă şi de condensat returnat realizat de fiecare consumator, în raport cu procentul stabilit prin proiectul instalaţiei consumatoare, se aplică numai la consumatori cu tarif binom (mari consumatori de energie termică pentru tehnologie) şi este necorespunzător chiar la aceşti consumatori, din următoarele puncte de vedere:

— consumatorii nu sînt cointeresaţi încă din faza de proiectare a instalaţiilor tehnologice să realizeze un procent cît mai ridicat de returnare de apă caldă şi de condensat;

— în cadrul acestui sistem de bonificaţii-penalizări (care se plătesc, respectiv se varsă la buget, fără a influenţa balanţa de cheltuieli şi venituri a furnizorului), cheltuielile furnizorului aferente preparării apei corespunzătoare apei calde şi condensatului nereturnat au fost prevăzute să se recupereze prin preţul căldurii, ceea ce afectează în mod egal, deci injust, pe toţi consumatorii, indiferent de procentele de returnare a apei caldei şi a condensatului raportate la totalurile de apă fierbinte şi de abur livrate.

l) Sistemul de tarifare a căldurii nu prevede majorări tarifare pentru depăşirea temperaturii condensatului şi în special a apei calde la furnizori, fenomen care reduce capacitatea surselor şi reţelelor de transport al căldurii, antrenează consumuri suplimentare de combustibil şi de energie electrică pentru pompare; de asemenea, returnarea condensatului la temperaturi ridicate conduce la dereglări în funcţionarea instalaţiilor din CET.

m) Tariful energiei electrice pentru iluminat şi utilizări casnice nu este suficient de stimulator din punctul de vedere al competitivităţii cu alte surse de energie ce pot fi folosite pentru încălzire, prepararea hranei şi producerea apei calde menajere, iar tarifele căldurii pentru încălzit, utilizări casnice, revînzători şi agricultură pot conduce în viitor, în măsura creşterii ponderii acestor livrări, la imposibilitatea acoperirii cheltuielilor de producţie la unele întreprinderi funcţionînd cu cărbune, căldura rămînînd în continuare rentabilă pe centrala industrială.

Principile propuse pentru a sta la baza noilor tarife de energie electrică şi căldură sînt următoarele:

Pentru energia electrică

a) diferenţierea tarifelor după tensiunea de livrare a energiei electrice la consumatori; în aceste condiţii, actualele tarife preferenţiale pentru unii consumatori industriali foarte importanţi nu îşi mai găsesc justificarea, întrucît tarifele pe înaltă tensiune vor fi avantajoase;

b) extinderea tarifului binom şi la alte categorii de mari consumatori decît cei industriali, nivelul taxei sau al taxelor fixe urmînd a se stabili ţinînd seama concomitent de puterea maximă absorbită lunar în timpul orelor de vîrf de sarcină, de puterea maximă contractată şi de puterea aprobată prin acordul prealabil de alimentare cu energie electrică a consumatorului, sau numai de unele dintre puterile de mai sus;

c) introducerea tarifului pe tranşe şi la alţi consumatori decît cei casnici, mărimea tranşei I urmînd a fi fixată astfel încît să se acopere cheltuielile fixe corespunzătoare puterii contractate şi (sau) racordate;

d) stabilirea de majorări tarifare sau de sume anuale forfetare la consumatorii care solicită surse şi căi de alimentare multiple în vederea sporirii gradului de siguranţă al alimentării lor;

e) stabilirea, în cadrul tarifelor monome şi pentru taxa de energie din cadrul tarifelor binome, de taxe diferenţiate în funcţie de perioada în care se consumă energia (zi, vîrf şi noapte sau numai zi şi noapte);

f) tarifele pentru toate categoriile de consumatori trebuie să acopere costurile efective pe fiecare categorie şi să asigure în medie acumularea prevăzută pe sector, ţinînd seamă şi de acumularea aferentă căldurii;

g) renunţarea la tarifele preferenţiale actuale pentru marii consumatori industriali;

h) introducerea unui tarif monom pentru energia electrică reactivă, cu corectarea sistemului actual de majorări şi reduceri tarifare în funcţie de factorul de putere, în sensul menţinerii numai a majorărilor;

i) introducerea unei a treia tranşe la consumatorii casnici, care să stimuleze extinderea utilizărilor casnice şi al cărei nivel să fie mai redus decît nivelul actual al tranşei a doua, cu respectarea raportului actual între preţul de vînzare mediu către populaţie şi preţul de cost aferent.

Pentru căldură

a) diferenţierea tarifelor după combustibilul folosit pentru producerea căldurii;

b) diferenţierea tarifelor după agentul termic livrat, iar în cazul aburului şi după presiunea acestuia;

c) extinderea tarifului binom la toate categoriile de consumatori, inclusiv la revînzători, atît pentru căldura livrată sub formă de abur, cît şi pentru căldura livrată sub formă de apă fierbinte, nivelul taxei sau al taxelor fixe urmînd a se stabili ţinînd seamă concomitent de debitul maxim absorbit lunar, de debitul maxim contractat şi de debitul maxim aprobat prin avizul pentru alimentarea cu căldură a consumatorului, sau numai de unele dintre debitele maxime de mai sus;

d) stabilirea de majorări tarifare sau de sume anuale forfetare la consumatorii care impun prevederea de rezerve în surse sau în reţeaua de alimentare, în vederea sporirii gradului de siguranţă în alimentarea lor cu căldură;

e) stabilirea pentru toate categoriile de consumatori, inclusiv pentru revînzători, de tarife distincte pentru căldura livrată şi pentru agentul termic nereturnat (apă caldă sau condensat), renunţîndu-se totodată la sistemul de bonificaţii-penalizări în funcţie de procentul de apă caldă sau de condensat returnat. Tariful pentru agentul termic va fi diferenţiat pe condensatul nereturnat (apă demineralizată) şi pe apă caldă nerestituită (apă dedurizată şi degazată) folosită ca adaos;

f) stabilirea de majorări tarifare pentru căldura livrată sub formă de apă fierbinte la consumatorii industriali şi agricoli, precum şi la revînzători, în funcţie de nerespectarea temperaturii prevăzută în graficul de reglaj pentru apa caldă returnată;

g) stabilirea de tarife diferenţiate şi la marii consumatori industriali, după cum conductele de transport şi distribuţie aparţin producătorului, distribuitorului sau consumatorului;

h) renunţarea la tarifele preferenţiale prevăzute în prezent pentru unii mari consumatori.

Luarea în considerare a acestor principii la elaborarea şi aplicarea noilor tarife de energie electrică şi căldură va conduce la o acoperire mai corectă a cheltuielilor de producere, transport şi distribuţie a energiei electrice şi a căldurii şi va stimula într-o măsură mai mare utilizarea raţională a acestor energii.

(Articol intrat în redacţie la 20 mai 1971)

O metodă de măsurare a coeficienților debitmetrici relativi K ai turbinelor hidraulice de la o centrală electrică*)

Dr. ing. Gh. Cosma**)

1. Enunțarea problemei

Considerăm cunoscută importanța problemei repartiției puterii unei centrale între grupurile acesteia, precum și cea a ordinii de pornire a lor. Fixăm cadrul discuțiilor prin notațiile:

$$\sum_{i=1}^{n} P_i = P \qquad (1)$$

$$P < P_{max} \qquad (2)$$

$$\sum_{i=1}^{n} P_{i\,max} = P_{max} \qquad (3)$$

$$D = \|P_i\| \qquad (4)$$

în care P_i și P sînt puterile instantanee ale grupurilor și, respectiv, centralei, iar D este vectorul (matrice unilinară) distribuției puterii P sau P_{max} între grupuri. Ordinea de pornire a grupurilor este reprezentată printr-un alt vector, care poate fi identic sau diferit de D.

Mulțimea $\{P_i\}$ este ordonată după un anumit criteriu de ordinare, R, cunoscut sau necunoscut, respectiv neglijat.

Criteriul de ordinare R și valorile numerice ale puterii P_i reprezintă obiectul problemei distribuției optime a puterii P.

Notăm prin D_{opt} soluția căutată a distribuției D

$$D_{opt} = \|P_i\|_{opt} \qquad (5)$$

Evident, pentru o centrală cu grupuri riguros egale, soluția (5) a distribuției D_e este

$$D_{eopt} \Rightarrow \begin{cases} P_i = \dfrac{P}{m} \\ R = \{\emptyset\} \end{cases} \qquad (6)$$

criteriul R fiind o mulțime vidă atît pentru pornirea cît și pentru repartiția puterii.

În realitate nu există o egalitate riguroasă a grupurilor unei centrale.

Exemplificăm prin diagramele din figura 1 [3] și prin rezultatele măsurătorilor turbinelor CHE Mac Narry (S.U.A.) [2].

Literatura de specialitate și practica actuală neglijează însă diferențele manifestate prin neegalitatea curbelor caracteristice respective, deoarece se consideră că ele sînt mai mici decît erorile comise cu ocazia determinării lor prin măsurători pe teren; în consecință se recomandă adoptarea repartiției (6) [6], [7].

Totuși diferența dintre curbele caracteristice astfel determinate este destul de importantă (fig. 1) [2] și utilizarea ei în cadrul problemei ar putea prezenta interes economic, mai ales la centralele mari, dacă s-ar putea conta pe cunoașterea corectă a acestei diferențe.

Or, teoria măsurătorilor relative [3] demonstrează că banda erorilor de măsură poate să afecteze doar valoarea absolută a parametrilor măsurați și că, în anumite condiții, raportul valorii acestor parametri ai diferitelor grupuri ale unei centrale poate fi cunoscut cu o mare precizie (de clasa 0,1—0,2).

În această situație, singura dificultate în calea introducerii în practică a determinării acestor diferențe și a utilizării lor în vederea optimizării amintite o reprezintă măsurarea debitului Q, greoaie și costisitoare, măsurarea celorlalți parametri (P, H etc.) fiind relativ simplă.

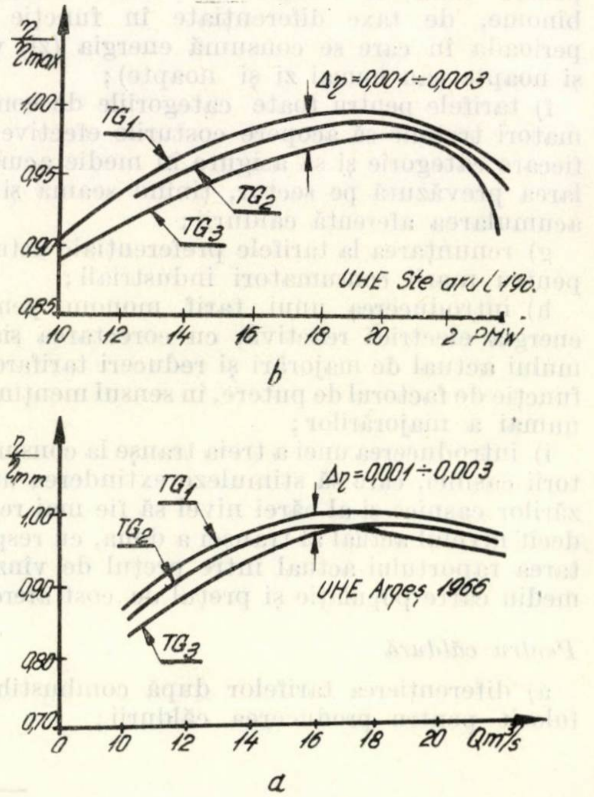


Fig. 1

Această dificultate este înlăturată prin folosirea valorilor relative [8], și anume debitul relativ Q^*

$$Q^* = \frac{Q}{K} = \sqrt{D} \qquad (7)$$

---

*) Acest articol a fost publicat și în revista „L'energia elettrica" nr. 8/1971 din Milano.

**) Dr. ing. Gheorghe Cosma este șeful serviciului raționalizări hidroenergetice din I.R.M.E.-București.

şi randamentul relativ η^*

$$\eta^* = K\eta, \tag{8}$$

în care D este o diferenţă de presiune proporţională cu pătratul debitului (metoda Winter-Kennedy) iar K este un coeficient de proporţionalitate

$$Q = K\sqrt{D}. \tag{9}$$

Valorile relative Q^* şi η^* pot fi folosite în probleme ca: determinarea corelaţiei optime dintre poziţiile φ ale palelor rotorului şi α ale aparatului director la turbine Kaplan, urmărirea comportării în timp a unei turbine (efectul uzurii) etc.

Utilizarea valorilor relative Q^* şi η^* în asemenea probleme, ce se referă la una şi aceeaşi turbină, nu implică cunoaşterea valorii numerice a coeficientului K.

Pentru compararea a două sau mai multe turbine nu ne putem lipsi de cunoaşterea coeficientului K, ale cărui valori sînt, în general, diferite de la turbină la turbină, cu diferenţe mergînd pînă la 8% [2], [4].

Totuşi, în asemenea probleme coeficienţii K_i pot fi consideraţi drept nişte factori de scară ai exprimării valorilor Q şi η, şi în acest caz ei pot fi înlocuiţi prin mărimile proporţionale $\widetilde{K}_i$, ce reprezintă valori relative ale coeficienţilor K_i.

Măsurători ce ar avea drept scop determinarea valorilor reale ale coeficienţilor K implică determinarea debitului Q cu dificultăţile menţionate.

Se poate însă imagina o metodă de determinare prin măsurători pe teren ale valorilor relative $\widetilde{K}$, care nu au nevoie de măsurarea debitului.

Cu ajutorul unui coeficient oarecare $\widetilde{K}$ pot fi definite valorile $\widetilde{Q}$ şi $\widetilde{\eta}$

$$\widetilde{Q} = \widetilde{K}\sqrt{D} \tag{10}$$

$$\widetilde{\eta} = \frac{1}{\widetilde{K}}\eta, \tag{11}$$

care reprezintă, de asemenea, valori relative ale debitului, respectiv randamentului.

În cele ce urmează se prezintă o metodă de determinare, prin măsurători pe teren, a coeficienţilor relativi $\widetilde{K}_i$ $(i = 1, 2, \ldots, n)$ ai tuturor turbinelor hidraulice ale unei centrale, proporţionali cu valorile reale necunoscute K_i.

2. Premise

Teoria măsurătorilor relative [3] este singura premisă necesară şi suficientă în acest caz, deoarece metoda pe care căutăm să o stabilim reprezintă o aplicaţie a acesteia.

Reamintim, deci, pe scurt:

a) Raportul valorilor reale $\bar{x}_1$ şi $\bar{x}_2$ ale unui parametru X, a două turbine, este egal cu raportul valorilor respective măsurate $\overline{x}_1$ şi $\overline{x}_2$, cu aproximaţia dublului erorii aleatorii e_a, raportată la una dintre valorile măsurate.

$$\frac{\bar{x}_1}{\bar{x}_2} = \frac{\overline{x}_1}{\overline{x}_2} \pm \frac{2e_a}{\overline{x}_2}. \tag{12}$$

În anumite condiţii, eroarea aleatorie e_a este neglijabilă, avînd valori de ordinul 0,1% [3], [9]; deci relaţia (12) poate fi scrisă sub forma simplificată:

$$\frac{\bar{x}_1}{\bar{x}_2} = \frac{\overline{x}_1}{\overline{x}_2}. \tag{13}$$

b) Condiţia de valabilizare a formulei (13) este egalitatea erorilor sistematice necunoscute, e_s, ale celor două măsurători:

$$e_{s_1} = e_{s_2}, \tag{14}$$

e_s fiind o componentă a erorii totale, necunoscute, e:

$$e = e_s \pm e_a, \tag{15}$$

a cărei valoare poate atinge 1–2%.

c) Materializarea practică a condiţiei (14) constă în folosirea aşa-numiţilor „traductori de control", ceea ce în esenţă înseamnă obţinerea unui fel de numitor comun al măsurătorilor comparate.

De exemplu, la măsurarea repetată a randamentului aceleiaşi turbine, traductorul de control nu este altceva decît folosirea aceluiaşi montaj de măsură, a aceloraşi aparate etc.

Putem cita măsurătorile de randament din 1961 şi 1963 efectuate la CHE Stejarul. Egalitatea (13), pusă în evidenţă de figura 2, este cu atît mai concludentă cu cît se poate considera că randamentul din 1963 a putut fi ceva mai mic datorită unei anumite uzuri a turbinelor respective, de altfel nesesizată pe altă cale [3].

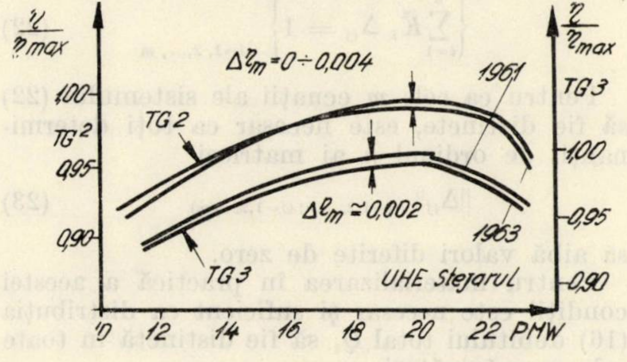


Fig. 2

3. Schema teoretică a metodei

Debitul total Q_t al unei centrale fără pierderi sesizabile (prin deversare etc.) este evident egal cu suma debitelor Q_i $(i = 1, 2, \ldots, n)$ ale celor n turbine:

$$\sum_{i=1}^{n} Q_i = Q_t. \tag{16}$$

Prin intermediul formulei (9), relația (16) poate fi scrisă sub forma:

$$\sum_{i=1}^{n} K_i \sqrt{D_i} = K_t \sqrt{D_t} = K_t H_t, \tag{17}$$

care, cu notațiile

$$\frac{K_i}{K} = \widetilde{K}_i \tag{18}$$

$$\frac{\sqrt{D_i}}{\sqrt{D_t}} = \frac{\sqrt{D_i}}{H_t} = \Delta_i, \tag{19}$$

devine

$$\sum_{i=1}^{n} \widetilde{K}_i \, \Delta_i = 1. \tag{20}$$

Relația (20) poate fi utilizată ca o ecuație cu n necunoscute $\widetilde{K}_i$ $(i = 1, 2, \ldots, n)$, în care coeficienții Δ_i pot fi cunoscuți prin măsurarea valorilor D_i, D_t, respectiv H_t și prin intermediul formulei (19).

Avînd în vedere caracterul aproximativ al rezultatului oricărei măsurători — deci și al celei pentru determinarea valorilor Δ_i — calculul necunoscutelor $\widetilde{K}_i$ necesită m ecuații distincte de forma (20), cu condiția

$$m \geqslant n. \tag{21}$$

Se poate scrie, în acest caz, sistemul de m ecuații

$$\left\{ \sum_{i=1}^{n} \widetilde{K}_i \, \Delta_{ij} = 1 \right\}_{j=1, 2, \ldots, m} \tag{22}$$

Pentru ca cele m ecuații ale sistemului (22) să fie distincte, este necesar ca toți determinanții de ordinul n ai matricei

$$\left\| \Delta_{ij} \right\|_{(i=1,2,\ldots,n)\,(j=1,2,\ldots,m)} \tag{23}$$

să aibă valori diferite de zero.

Pentru materializarea în practică a acestei condiții este necesar și suficient ca distribuția (16) debitului total Q_t să fie distinctă în toate cele m măsurători.

Soluția sistemului (22) — după Gauss sau altă metodă — este sistemul

$$\{\widetilde{K}_i\}_{i=1,2,\ldots,n} \tag{24}$$

Valorile $\widetilde{K}_i$ reprezintă valori aproximative afectate de erorile inițiale ale datelor Δ_{ij} și se apropie cu atît mai mult de valorile reale cu cît m este mai mare; deci pentru $m = \infty$, sistemul respectiv de soluții

$$\{K_{i\infty}\} \tag{25}$$

poate fi considerat sistemul valorilor reale ale coeficienților relativi $\widetilde{K}_i$.

Problema ce se pune deci este stabilirea valorii numărului m de ecuații — adică $m = M$ măsurători distincte — pentru care se poate obține o anumită precizie a valorilor calculate $\widetilde{K}_i$, adică:

$$m = M \Rightarrow \left| \widetilde{K}_1 - \widetilde{K}_{i\infty} \right|_{i=1,2,\ldots,n} \leqslant \Pi \tag{26}$$

în care Π reprezintă eroarea minimă considerată acceptabilă, așa-numita cuantă de eroare tehnică [5].

4. Montajul de măsură

Schema montajului de măsură este prezentată în figura 3. Liniile groase reprezintă fluxul fizic, respectiv circulația și distribuția debitului total Q_t, iar liniile subțiri reprezintă fluxul informațional.

În cazul din figura 3, debitul Q_t se distribuie prin cele $m = 4$ turbine T, comandate prin regulatoarele manuale RM.

Una sau mai multe dintre aceste turbine T pot fi comandate de către regulatorul proporțional-integral RPI prin intermediul distribuitorului d. În practică, regulatorul RPI este cuplat la o singură turbină pentru a nu provoca eventuale instabilități ale sistemului.

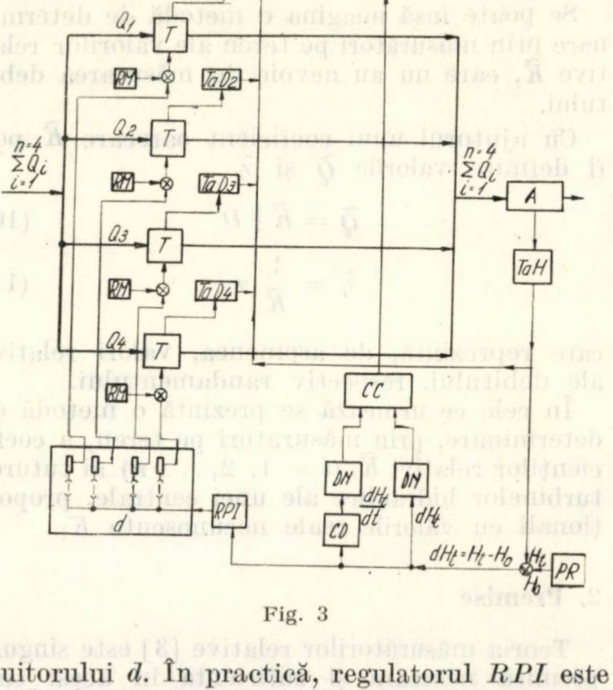


Fig. 3

Debitul total Q_t trece printr-o amenajare hidrometrică A, caracterizată prin parametrii D_t sau H_t, definiţi mai sus.

Fiecare turbină este prevăzută cu un traductor T_a, al cărui parametru D_t este proporţional cu pătratul debitului respectiv Q_i.

Parametrul H_t — sau D_t — este măsurat în amenajarea A prin intermediul unei instalaţii adecvate T_aH. Ansamblul A şi T_aH reprezintă, în acest caz, traductorul de control despre care s-a vorbit şi care furnizează valoarea H_t (sau D_t), ce reprezintă numitorul comun amintit.

Măsurătorile trebuie efectuate într-un anumit regim staţionar al curgerii. Pentru controlul realizării acestei condiţii, parametrul H_t se compară cu o anumită valoare H_0, aleasă pentru fiecare măsurătoare, şi se verifică, deci, atingerea valorilor

$$\mathrm{d}H_t = H_t - H_0 = 0 \qquad (27)$$

$$\frac{\mathrm{d}H_t}{\mathrm{d}t} = 0. \qquad (28)$$

Circuitul de derivare CD, cele două detectoare de nul DN şi circuitul de coincidenţă CC verifică realizarea concomitentă a condiţiilor (27) şi (28) şi prin intermediul declanşatorului automat (care poate fi şi manual), DMA, determină înregistrarea în I a valorilor măsurate D_i, D_t (sau H_t) etc., afişîndu-le, imprimîndu-le sau transmiţîndu-le calculatorului C, care rezolvă sistemul (22), determinînd sistemul soluţiilor $\{\widetilde{K}_i\}$.

O bună parte a funcţiilor descrise mai sus pot fi preluate de tehnicienii cu experienţă, dar această soluţie nu asigură operativitatea automatizării totale sau cel puţin parţiale (pînă la nivelul înregistrării în I).

5. Verificări experimentale

Aplicarea pe teren a metodei depinde de soluţionarea practică a problemelor de mai jos:

— asigurarea unui număr $m = M$ de măsurători distincte, suficient de mari pentru a se obţine precizia dorită (26);

— fidelitatea traductorului de control adoptat.

Numărul m = M *al măsurătorilor*

Mulţimea $\{e_{K_i}\}$ a erorilor sistemului de soluţii (24) a unui sistem (22) de m ecuaţii cu coeficienţi aproximativi şi cu n necunoscute; valorile erorilor de calcul e_{K_i} depind de cele ale erorilor iniţiale $\{e_{Dij}\}$ şi de mărimea numărului $m = M$.

Importanţa problemei a fost subliniată de eşecul unei încercări de aplicare insuficient pregătită pe teren a metodei, la CHE Argeş. Pentru $n = 3$ turbine şi $m = 7$ măsurători distincte, erorile $\{e_{K_i}\}$ ale sistemului (22) au avut valori inacceptabile.

Fără a intra în detalii, arătăm că erorile iniţiale $\{e_{Dij}\}$ nu au depăşit 1—2%; deci sursa erorilor de calcul $\{e_{K_i}\}$ trebuia căutată în insuficienţa valorii numărului m.

Determinarea numărului $m = M$, în condiţiile unor erori iniţiale date, este o problemă pur teoretică, ce poate fi rezolvată prin modelare pe calculator, fără necesitatea unei verificări greoaie, aproape nerealizabile, pe teren.

a) *Premisele verificărilor prin modelare pe calculator.* Realizarea, pe teren, a unui mare număr m de măsurători distincte este dificilă şi de lungă durată, dacă fiecărei măsurători îi corespunde cîte o altă distribuţie (16) a debitului Q_t, ceea ce ar implica o serie de manevre urmate de cîte o perioadă de timp necesară restabilirii regimului staţionar de curgeri, respectiv respectării condiţiilor (27) şi (28).

Din acest motiv am imaginat următorul procedeu de obţinere a matricei (23), definitorie pentru sistemul de m ecuaţii distincte (22).

Se admit m_r regimuri de exploatare a centralei; de exemplu:

$$m_r = n, \qquad (29)$$

caracterizate fiecare prin cîte o altă distribuţie distinctă (16) a debitului Q_t.

Din motive uşor de înţeles, este preferabil ca valoarea Q_t să fie practic aceeaşi pentru toate cele n regimuri şi pe cît posibil păstrată şi în perioadele de reglaj al tranziţiei de la un regim la altul.

Parametrii D_i şi D_t sînt cunoscuţi prin măsurători; deci valorile lor sînt aleatorii, diferite de la moment la moment. Repetarea citirii lor de m_e ori pentru fiecare regim permite deci obţinerea a m_e serii de măsurători distincte, chiar dacă au diferenţe mici între ele. Se poate obţine astfel cu destulă uşurinţă un mare număr m:

$$m = m_r\, m_e, \qquad (30)$$

de măsurători distincte, deoarece repetarea a cîte m_e măsurători la fiecare regim se poate realiza la echiintervale de cîteva secunde.

b) *Organizarea şi rezultatele încercărilor.* S-au organizat două serii de încercări: pentru $n = 4$ şi pentru $n = 12$.

Tabelul 1 conţine datele iniţiale ale primei serii (seria nr. 1).

Pentru seria nr. 1 am admis valorile reale ale coeficienţilor $\{\widetilde{K}_i\}$:

$$\left.\begin{aligned} \widetilde{K}_1 &= 0{,}11098 = K_{1\infty} \\ \widetilde{K}_2 &= 0{,}11109 = K_{2\infty} \\ \widetilde{K}_3 &= 0{,}10871 = K_{3\infty} \\ \widetilde{K}_4 &= 0{,}11007 = K_{4\infty} \end{aligned}\right\} \qquad (31)$$

Tabelul 1

Varianta	n	n_r	m_e	m	$\delta\widetilde{K}_{i\infty}$*) %	$\delta\Delta i$ %	$e\,max$ %
A	4	4	25	100	2,5	60	1
B			25	100			2
C			1	4			3
D			200	800			4

*) $\delta\widetilde{K}_{i\infty}$ reprezintă domeniul de variație a valorilor reale $\widetilde{K}_{i\infty}$, de la turbină la turbină.

Ele reprezintă și valorile $\{\widetilde{K}_{i\infty}\}$, adică soluția sistemului (22) pentru $m = \infty$.

Am admis, de asemenea, determinantul principal $|\Delta_{ir}|$ al matricei $||\Delta_{ij}||$:

$$|\Delta_{ir}| = \begin{vmatrix} 2 & 3 & 2 & 2{,}06569 \\ 3 & 1{,}07523 & 2 & 3 \\ 3 & 2 & 2{,}06649 & 2 \\ 2{,}08655 & 2 & 3 & 2 \end{vmatrix} \qquad (32)$$

cu care s-a construit sistemul de ecuații principale:

$$\left\{ \begin{array}{rrr} 2\,\widetilde{K}_1 + & 3\,\widetilde{K}_1 + & 2\,\widetilde{K}_1 + \\ 3\,\widetilde{K}_2 + & 1{,}07523\,\widetilde{K}_2 + & 2\,\widetilde{K}_2 + \\ 3\,\widetilde{K}_3 + & 2\,\widetilde{K}_3 + & 2{,}06649\,\widetilde{K}_3 + \\ 2{,}08655\,K_4 + & 2\widetilde{K}_4 + & 3\,\widetilde{K}_4 + \\ & +2{,}0659\,\widetilde{K}_1 = 1 & \\ & + \quad 3\,\widetilde{K}_2 = 1 & \\ & + \quad 2\,\widetilde{K}_3 = 1 & \\ & + \quad 2\,\widetilde{K}_4 = 1 & \end{array} \right. \qquad (33)$$

a cărui soluție este sistemul dat (31).

În această idee, valorile determinantului (32) reprezintă sistemul valorilor reale, fără erori, ale parametrilor Δ_{ij} pentru $n = m = 4$.

S-a admis, de asemenea, un sistem de patru serii de erori, fiecare serie conținînd cîte 100 de erori de o distribuție aproximativ normală (gaussiană) în limitele $e_{max} = \pm 1\%$ pentru variantele *A* și *C* și $e_{max} = \pm 2\ \%$ pentru variantele *B* și *D*. Distribuția lor în funcție de $j = 1, 2, \ldots, m$ 100 este aleatorie și poate fi notată prin matricea

$$||e_{ij}||\ (i=1, 2, \ldots, n)\,(j=1, 2, \ldots, m)^{*)} \qquad (34)$$

cîte una pentru fiecare dintre cele două limite e_{max} admise, care nu vor fi reproduse aici; pentru ilustrare se dă în figura 4 expresia grafică doar a primeia dintre ele.

Matricea (23) a coeficienților sistemului de ecuații (22) se obține prin efectuarea succesivă a produselor cartegiene ale determinantului (32) cu cei 25 de determinanți $|e_{ik}|$ ai matricei $||e_{ij}||$:

$$||\Delta_{ij}|| = |\Delta_{ir}|\ x\ |e_{ik}|, \qquad (35)$$

în care:

$$i = 1, 2, 3, 4$$

$$k = 4p + r$$

$$p = 0, 1, 2 \ldots 24$$

$$r = 1, 2, 3, 4.$$

Sistemul de ecuații (22), avînd sistemul de coeficienți (35), a fost rezolvat pentru $m = 10$, 20, ..., 100. Sistemele respective de soluții au fost reprezentate în figurile 5 și 6.

Varianta *C* ($m = n = 4$) reprezintă sistemul primelor patru ecuații ale sistemului (22) cu coeficienții (35) pentru $p = 0$.

---

*) Pentru simplificarea notațiilor, e_{ij} corespunde la e_{Dij} din cap. 5.

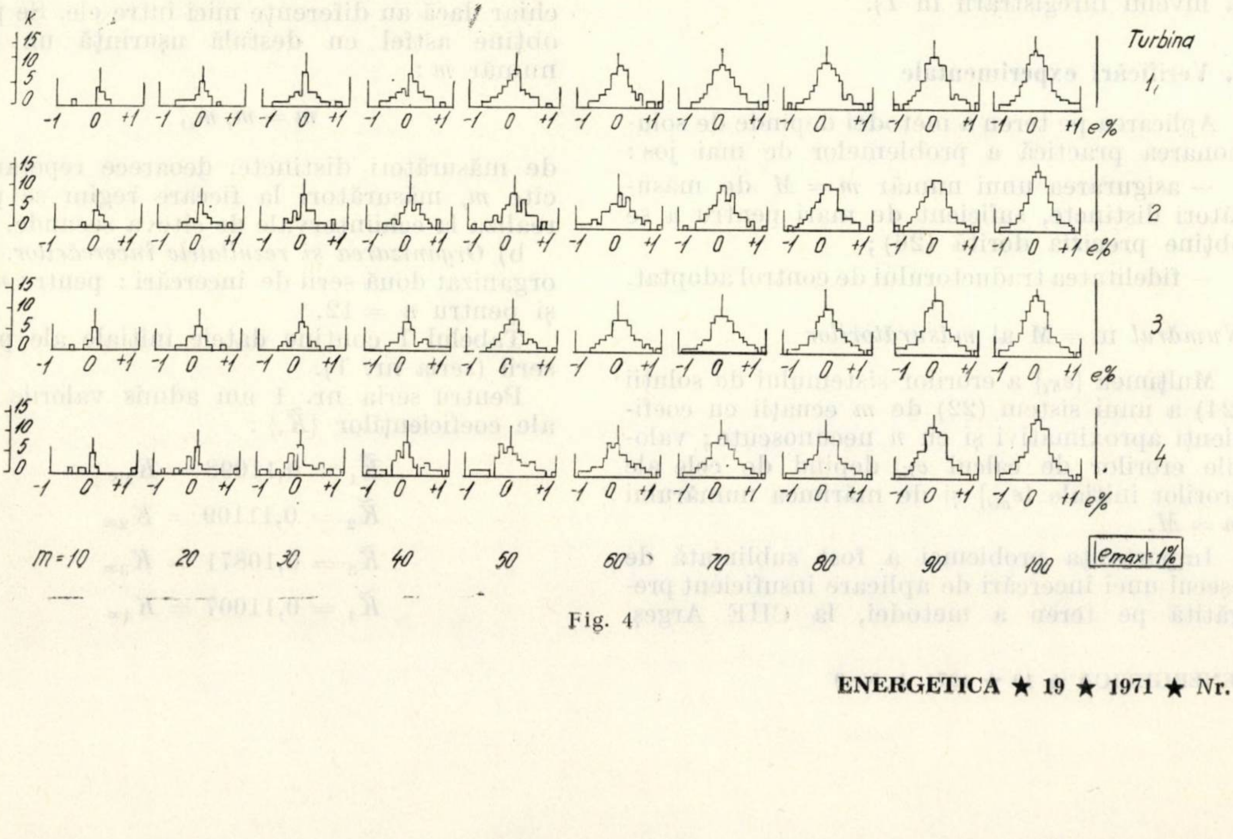


Fig. 4

Cele 800 de ecuații ale variantei D reprezintă repetarea de 8 ori a datelor variantei A.

Tabelul 2 redă caracteristicile seriei nr. 2 din măsurători.

Tabelul 2

Varianta	n	m_r	m_e	m	$\delta\widetilde{K}_{i\infty}$ %	$\delta\Delta_i$, %	e_{max}, %
E	12	12	12	144	5,4	8	1
F			12	144		60	
G			30	360			
H			42	504			

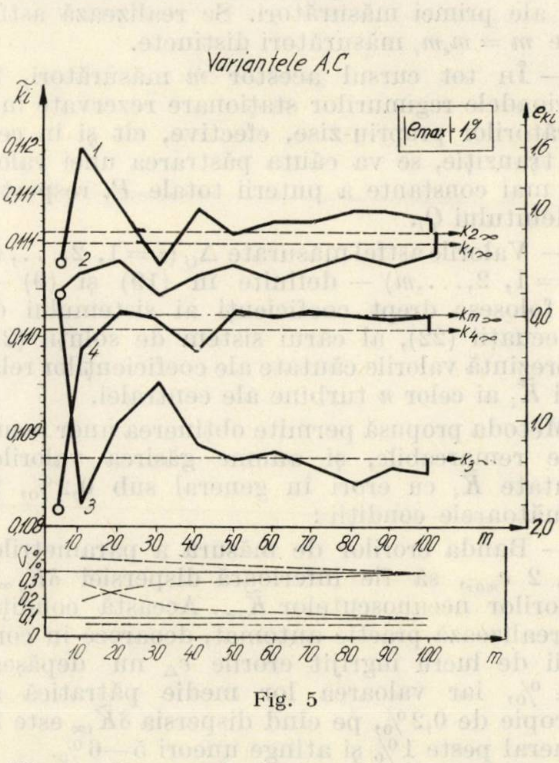


Fig. 5

Figura 7 reprezintă distribuția gaussiană a erorilor pentru $m = 144$ și pentru $m = 504$, cu care s-au construit matricele respective (34) pentru seria nr. 2 de măsurători.

Sistemul soluțiilor „exacte" $\{K_{i\infty}\}$ admise este dat în tabelul 3.

Tabelul 3

i	1	2	3	4	5	6
$\widetilde{K}_{i\infty}$	7,763	8,066	7,799	8,198	7,990	7,925
i	7	8	9	10	11	12
$\widetilde{K}_{i\infty}$	8,032	7,928	7,926	7,978	8,100	8,150

Sistemul de ecuații (22) a fost construit în modul descris la seria nr. 1 și s-au calculat sistemele de soluții (24) pentru variantele din tabelul 2.

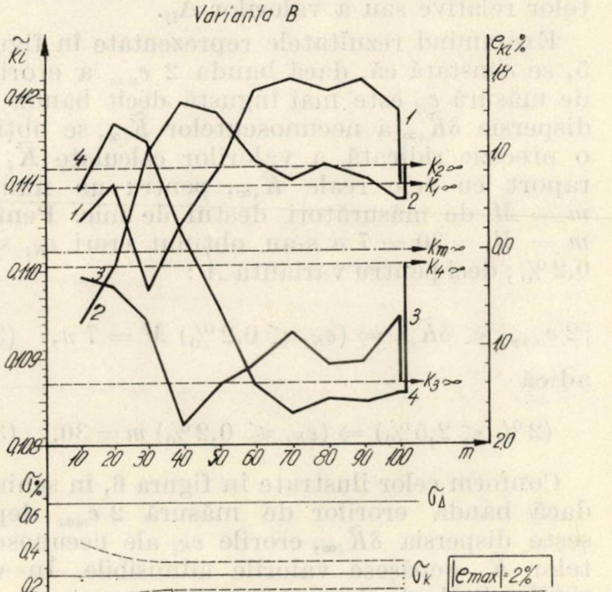


Fig. 6

Sistemele respective de soluții sînt reprezentate în graficul din figura 8, în comparație cu valorile respective $\widetilde{K}_{i\infty}$.

c) *Comentarea rezultatelor*. Seria nr. 1 de încercări reprezintă o situație asemănătoare cu cea a centralei hidroelectrice Argeș, la care

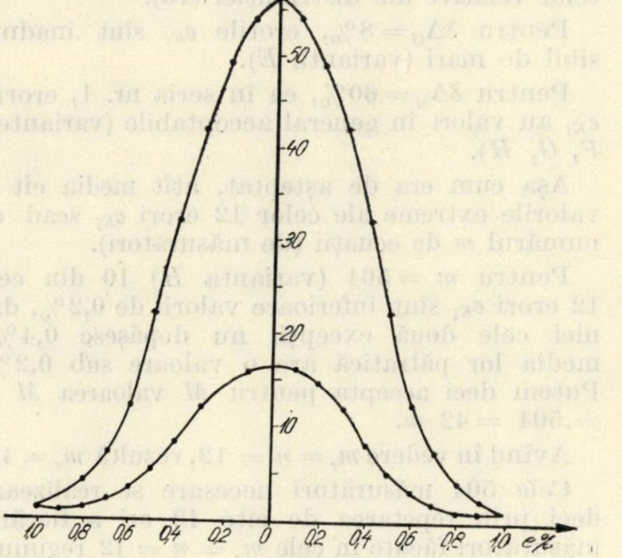


Fig. 7

diferenţa dintre coeficienţii $\widetilde{K}_i$, determinaţi cu altă ocazie, se înscrie într-o bandă de circa 2,5 %.

S-a admis o dispersie de circa $\delta\Delta_i = 60\%$ a debitelor distribuţiei (16), respectiv a debitelor relative sau a valorilor Δ_{ij}.

Examinînd rezultatele reprezentate în figura 5, se constată că, dacă banda 2 e_{max} a erorilor de măsură e_{ij} este mai îngustă decît banda de dispersie $\delta\widetilde{K}_{i\infty}$ a necunoscutelor $\widetilde{K}_{i\infty}$, se obţine o precizie ridicată a valorilor calculate $\widetilde{K}_i$ în raport cu cele reale $\widetilde{K}_{i\infty}$, pentru un număr $m = M$ de măsurători destul de mic. Pentru $m = M = 30 = 7\,n$ s-au obţinut erori e_{K_i} sub 0,2 % ; deci pentru varianta *A* :

$$|2\,e_{max}| < \delta\widetilde{K}_{i\infty} \Rightarrow (e_{K_i} \leqslant 0{,}2\,\%)\; M = 7\,n, \qquad (36)$$

adică

$$(2\,\% < 2{,}5\,\%) \Rightarrow (e_{K_i} \leqslant 0{,}2\,\%)\; m = 30. \qquad (37)$$

Conform celor ilustrate în figura 6, în schimb dacă banda erorilor de măsură 2 e_{max} depăşeşte dispersia $\delta\widetilde{K}_{i\infty}$, erorile e_{K_i} ale necunoscutelor $\widetilde{K}_i$ depăşesc valorile admisibile. În varianta *B* ele depăşesc 1 % :

$$|2\,e_{max}| > \delta\widetilde{K}_{i\infty} \Rightarrow (e_{K_i} > 1\,\%), \qquad (38)$$

adică

$$(4\,\% > 2{,}5\,\%) \Rightarrow (e_{K_i} = 0{,}4 - 1{,}4\,\%)\; n = 100 \qquad (39)$$

Seria nr. 2 de măsurători reprezintă o situaţie asemănătoare cu cea de la CHE Porţile de Fier ($n = 12$ turbine), avînd o dispersie $\delta\widetilde{K}_{i\infty} = 5{,}4\,\%$, apropiată de cea de la CHE Stejarul (5 %) şi de la CHE Mac Narry din S.U.A. (6 %). În această serie nu s-a mai experimentat o situaţie ca cea din (38) ; în schimb, s-a examinat posibilitatea restrîngerii dispersiei $\delta\Delta_{ij}$ a debitelor relative ale distribuţiei (16).

Pentru $\delta\Delta_{ij} = 8\,\%$, erorile e_{K_i} sînt inadmisibil de mari (varianta *E*).

Pentru $\delta\Delta_{ij} = 60\,\%$, ca în seria nr. 1, erorile e_{K_i} au valori în general acceptabile (variantele *F*, *G*, *H*).

Aşa cum era de aşteptat, atît media cît şi valorile extreme ale celor 12 erori e_{K_i} scad cu numărul m de ecuaţii (de măsurători).

Pentru $m = 504$ (varianta *H*) 10 din cele 12 erori e_{K_i} sînt inferioare valorii de 0,2 %, dar nici cele două excepţii nu depăşesc 0,4 % ; media lor pătratică are o valoare sub 0,2 %. Putem deci accepta pentru M valoarea $M = 504 = 42\,m$.

Avînd în vedere $m_r = n = 12$, rezultă $m_e = 42$.

Cele 504 măsurători necesare se realizează deci prin repetarea de cîte 42 ori a fiecărei măsurători făcute în cele $m_r = n = 12$ regimuri distincte ale distribuţiei (16).

Încercările de a reduce numărul m_r de regimuri distincte (16) la care se fac măsurătorile nu au dus la rezultate mulţumitoare.

Concluzii

Pentru determinarea valorilor relative $\widetilde{K}_i$ ale coeficienţilor debitmetrici K_i ai n turbine ale unei centrale hidroelectrice, se propune următoarea metodă :

— Puterea totală $P < P_{max}$ a centralei se distribuie între cele n grupuri în $m_r = n$ variante succesive ale distribuţiei (16), căutînd să se realizeze o dispersie $\delta\Delta_{ij}$ a debitelor Q_{ij}, respectiv a valorilor măsurate Δ_{ij}, în limitele 60 % (adică $Q_{ij} = 0{,}4\;Q_{i\,max} - 1{,}0\;Q_{i\,max}$).

— Se efectuează cîte m_e măsurători la fiecare dintre aceste m_r regimuri prin repetări de m_e ori ale primei măsurători. Se realizează astfel cele $m = m_e m_r$ măsurători distincte.

— În tot cursul acestor m măsurători, în perioadele regimurilor staţionare rezervate măsurătorilor propriu-zise, efective, cît şi în cele de tranziţie, se va căuta păstrarea unei valori cît mai constante a puterii totale P, respectiv a debitului Q_t.

— Valorile astfel măsurate Δ_{ij} $(i = 1, 2, \ldots, n)$ $(j = 1, 2, \ldots, m)$ — definite în (19) şi (9) — se folosesc drept coeficienţi ai sistemului de m ecuaţii (22), al cărui sistem de soluţii (24) reprezintă valorile căutate ale coeficienţilor relativi $\widetilde{K}_i$ ai celor n turbine ale centralei.

Metoda propusă permite obţinerea unor rezultate remarcabile, şi anume găsirea valorilor căutate $\widetilde{K}_i$ cu erori în general sub 0,2 %, în următoarele condiţii :

— Banda erorilor de măsură a parametrilor Δ_{ij}, 2 e_{max}, să fie inferioară dispersiei $\delta\widetilde{K}_{i\infty}$ a valorilor necunoscutelor $\widetilde{K}_{i\infty}$. Această condiţie se realizează practic automat, deoarece în condiţii de lucru îngrijit erorile e_{Δ} nu depăşesc ± 1 %, iar valoarea lor medie pătratică se apropie de 0,2 %, pe cînd dispersia $\delta\widetilde{K}_{i\infty}$ este în general peste 1 % şi atinge uneori 5—6 %.

— Banda de distribuţie $\delta\Delta_{ij}$ a valorilor măsurate Δ_{ij}, respectiv a debitelor Q_{ij} — în realizarea celor $m_r = n$ regimuri distincte de distribuţie (16) a debitului total Q_t — să fie destul de largă. Conform celor de mai sus, se recomandă $\delta\Delta_{ij} \cong 60\,\%$.

— Numărul de regimuri distincte m_r — adică a distribuţiilor (16) distincte — să fie cel puţin egal cu numărul n al turbinelor centralei : $m_r = n$.

— Numărul total al măsurătorilor $m = M$ să fie cu atît mai mare, cu cît este mai mare numărul n al turbinelor. Astfel, pentru $n = 4$, $m = M = 7\,n$; pentru $n = 12$, $m = M = 42\,n$. Rezultă numărul m_e de măsurători repetate la acelaşi regim : $m_e = 7$ pentru $n = 4$ şi $m_e = 42$ pentru $n = 12$.

Pentru CHE Porţile de Fier + Djerdap (6 + + 6 = 12 turbine), parametrul H_t este nivelul apei în aval de centrală, cu condiţia ca valoarea sa — citită la o miră sau altă instalaţie adecvată —

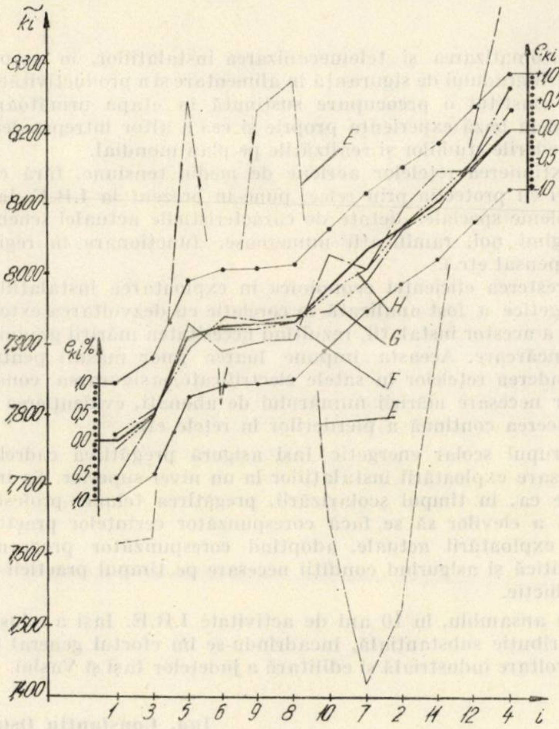


Fig. 8

să reprezinte debitul Q_t cu suficientă precizie, care depinde de rigurozitate şi liniaritatea cheii limnimetrice

$$Q = Q(H) \tag{40}$$

la o variaţie mică a valorilor respective.

În această situaţie liniaritatea este practic asigurată dacă se îndeplineşte prima condiţie, adică rigurozitatea corelaţiei (40).

Pentru lămurirea acestei probleme au fost asigurate o serie de măsurători specifice.

Dacă nivelele la două mine amplasate la o anumită distanţă variază după două curbe, $H_1 = H_1(t)$ şi $H_2 = H_2(t)$, riguros paralele, în acest caz corelaţia (40) poate fi considerată riguroasă.

Toate cele şapte serii de măsurători astfel efectuate au dat un rezultat pozitiv.

În figura 8 se reproduce aspectul grafic a două dintre aceste măsurători. Eroarea de paralelism este inferioară valorii de 0,5 cm, căreia îi corespunde o eroare de debit sub 0,07% chiar la debite mici, ca $Q_t = 3500$ m³/s.

În concluzie, metoda propusă este aplicabilă la CHE Porţile de Fier şi Djerdap pentru a se obţine valorile relative $\widetilde{K}_i$, comparabile, ale coeficienţilor debitmetrici K_i $(i = 1, 2, \ldots, n)$ ale celor $n = 12$ turbine ale centralei cu o precizie reflectată în erori în general şi în medie sub 0,2%.

În acest fel se creează premisele trecerii la determinarea prin măsurători a graficelor de încărcare a turbinelor centralei, ţinînd seamă de caracteristicile lor reale, obţinîndu-se sporuri de energie produsă de minimum 104 MWh anual la acelaşi consum de apă şi fără nici o altă cheltuială suplimentară, în afară de costul măsurătorilor şi al prelucrării lor şi fără nici un alt efort suplimentar în exploatare, în afara celui necesar respectării unui program ştiinţific de exploatare, pe baza unor diagrame dinainte stabilite.

Bibliografie

[1] * * * *Code international concernant les essais de reception sur place des turbines hydrauliques.* CEI nr. 43, 1943.

[2] * * * *Columbia River Turbine Dircharge Program.* North Pacific Division. Corps of Engineers. Portland-Oregon, 1966.

[3] Cosma, Gh. *La methode des essais relatifs.* L'Energia Elettrica nr. 8, 1968, Milano.

[4] Cosma, Gh. *Măsurători pentru determinarea valorilor relative ale coeficientului K la o centrală cu grupuri constructive egale.* Sesiunea tehnico-ştiinţifică, IRME, 1968.

[5] Cosma, Gh. *Cu privire la structura erorilor de măsură.* Sesiunea tehnico-ştiinţifică IRME, 1969.

[6] Dedu, S. *Determinarea regimurilor economice de funcţionare la o centrală echipată cu grupuri diferite.* Energetica nr. 6, 1966.

[7] Gornstein, V. M. *Navigodneişcee raspledelenie nagruzok mejdu rabotaiuşcimi elektro-stanţiami.* Gosenergoizdat, Moskva, 1959.

[8] Oesterwalder, J. *Contrôle du debit dans les machines hydrauliques par la methode de la différence de pression.* Bull. Escher Wyss, Zürich, Tome 33, 1960.

[9] Oniţîn, Fl. *Mijloace de măsurare şi caracteristicile lor. Manualul inginerului mecanic,* vol. I, Editura tehnică, Bucureşti, 1966.

[10] Krilov, A. N. *Lecţii de calcule prin aproximaţii.* Traducere din limba rusă. Editura tehnică, Bucureşti, 1957.

(Articol intrat în redacţie la 8 ianuarie 1971)

CRONICĂ

10 ANI DE LA INFIINŢAREA INTREPRINDERII DE REŢELE ELECTRICE IAŞI

În zilele de 25 şi 26 iunie 1971, cu ocazia împlinirii a 10 ani de activitate, Întreprinderea de reţele electrice Iaşi a organizat o sesiune tehnico-ştiinţifică festivă la care au participat delegaţi ai organelor locale de partid şi de stat, ai CITDEE, ai altor întreprinderi de reţele electrice, ai Institutului Politehnic Iaşi etc. Au fost prezentate următoarele referate :

— Dezvoltarea instalaţiilor de transport şi distribuţie din cadrul I.R.E. Iaşi în perioada 1961—1971.

— Perspective de alimentare cu energie electrică a localităţilor urbane din judeţele Iaşi şi Vaslui.

— Perspectivele electrificării rurale şi agricole în judeţele Iaşi şi Vaslui.

— Aspecte legate de siguranţa în alimentarea consumatorilor industriali din raza I.R.E. Iaşi.

— Automatizări şi telemecanizări în instalaţiile energetice ale I.R.E. Iaşi.

— Protecţia prin relee a liniilor electrice aeriene de medie tensiune.

— Orientarea învăţămîntului profesional şi tehnic spre cerinţele practice ale producţiei.

— Preocupări pentru creşterea eficienţei economice a activităţii de exploatare a instalaţiilor electroenergetice din cadrul I.R.E. Iaşi.

Referatele au subliniat realizările obţinute în perioada 1961—1971, precum şi preocupările pentru continua dezvoltare şi rentabilizare a instalaţiilor energetice, mărirea siguranţei în alimentarea consumatorilor, îmbunătăţirea parametrilor, pregătirea cadrelor tehnice necesare etc.

La înfiinţarea I.R.E. Iaşi, fosta regiune Iaşi ocupa ultimul loc pe ţară în ceea ce priveşte electrificarea urbană şi rurală, ca urmare a lipsei de surse energetice. După racordarea oraşului Iaşi (1957) la sistemul energetic naţional, abia în 1962 s-a terminat racordarea celorlalte localităţi urbane.

Perioada 1961—1965 s-a caracterizat prin extinderea reţelelor alimentate din sistem şi desfiinţarea treptată a uzinelor mici şi cu uzuri avansate. Au fost date în funcţiune, în această etapă, primele axe de electrificare rurală şi agricolă.

Perioada 1961—1970 a constituit cea mai dinamică etapă de dezvoltare a instalaţiilor energetice, între care se menţionează darea în funcţiune în 1966 a CET Iaşi şi începutul termoficării urbane şi industriale.

Pentru alimentarea localităţilor urbane, care în perioada 1975—1980 vor consuma circa 400 MW, vor trebui realizate noi injecţii la 220 şi 110 kV, corelînd schemele pentru alimentarea consumatorilor industriali cu cele pentru alimentarea consumului casnic şi edilitar.

Schemele de distribuţie se vor dezvolta corespunzător prevederii studiilor de perspectivă întocmite, acordîndu-se o atenţie deosebită automatizării, buclării pe partea de medie şi joasă tensiune, asigurării rezervelor, în scopul măririi siguranţei în alimentare.

Pentru electrificarea rurală şi agricolă din judeţele Iaşi şi Vaslui, schemele de distribuţie sînt, în linii mari, realizate. Se resimte însă lipsa unor surse corespunzătoare dezvoltării intensive a consumului prevăzut pentru 1971—1975.

Apariţia unor consumatori concentraţi (irigaţii, complexe zootehnice etc.) impune o reanalizare a studiilor pentru electrificarea rurală şi agricolă, precum şi etapizarea raţională a instalaţiilor necesare.

Automatizarea şi telemecanizarea instalaţiilor, în scopul măririi gradului de siguranţă în alimentare şi a productivităţii, vor constitui o preocupare susţinută în etapa următoare, avînd la bază experienţa proprie şi cea a altor întreprinderi, prevederile studiilor şi realizările pe plan mondial.

Extinderea reţelelor aeriene de medie tensiune, fără corelări cu protecţia prin relee, pune în prezent la I.R.E. Iaşi probleme speciale, dictate de caracteristicile actualei scheme (lungimi noi, ramificaţii numeroase, funcţionare în regim compensat etc.).

Creşterea eficienţei economice în exploatarea instalaţiilor energetice a fost analizată în corelaţie cu dezvoltarea extensivă a acestor instalaţii, rezultînd necesitatea măririi gradului de încărcare. Aceasta impune luarea unor măsuri pentru extinderea reţelelor în satele electrificate, asigurarea condiţiilor necesare măririi numărului de abonaţi, evidenţierea şi reducerea continuă a pierderilor în reţele etc.

Grupul şcolar energetic Iaşi asigură pregătirea cadrelor necesare exploatării instalaţiilor la un nivel superior. Se impune ca, în timpul şcolarizării, pregătirea tehnico-profesională a elevilor să se facă corespunzător cerinţelor practice ale exploatării actuale, adoptînd corespunzător programa analitică şi asigurînd condiţii necesare pe timpul practicii în producţie.

În ansamblu, în 10 ani de activitate I.R.E. Iaşi a adus o contribuţie substanţială, încadrîndu-se în efortul general de dezvoltare industrială şi edilitară a judeţelor Iaşi şi Vaslui.

Ing. Constantin Ostap

A DOUA CONFERINŢĂ ŞTIINŢIFICĂ DE ECONOMIE A ENERGIEI ORGANIZATĂ DE ŞCOALA SUPERIOARĂ DE INGINERI DIN ZITTAU

În zilele de 8 şi 9 noiembrie 1971, la Zittau (R.D. Germană) va avea loc a 2-a Conferinţă ştiinţifică de economie a energiei, organizată de Şcoala superioară de ingineri din localitate. Ca şi la prima conferinţă, desfăşurată în noiembrie 1970, anul acesta vor participa oaspeţi din ţară şi de peste hotare. Tema conferinţei este : „Căile de ridicare a eficienţei în economia de energie”. Discuţiile se vor axa pe următoarele aspecte :

1) Automatizări de sisteme în procesul de producţie al utilizării energiei electrice.

2) Lucrări pregătitoare în construcţia de centrale şi reţele electrice (în special în cercetare şi proiectare).

3) Construcţia de centrale şi reţele electrice (în special tehnologia de construcţii şi montaj).

4) Exploatarea şi deservirea tehnică a centralelor şi reţelelor electrice.

5) Utilizarea raţională a energiei şi egalizarea graficelor de sarcină.

6) Probleme privind pregătirea şi calificarea viitoarelor cadre medii şi superioare în domeniul economiei de energie.

RECENZII

V.A. VENIKOV, N.A.MELNIKOV, L. A. SOLDATKINA, I.M. MARCOVICI, I.V. LITKENS. **Problemele matematice ale electroenergeticii.** Ed.,,Vîsşaia Şkola'' Moscova, 1970.

În editura ,,Vîsşaia Şkola'' din Moscova a apărut primul din seria de şapte volume anunţate de colectivul Catedrei Sisteme electrice a Institutului energetic din Moscova, sub conducerea prof. dr. V.A. Venikov, în care vor fi tratate, într-o concepţie unitară, elementele de bază necesare inginerilor care se specializează în domeniile : sisteme electrice, reţele, transportul energiei electrice la distanţe mari şi cibernetica sistemelor electrice.

Această lucrare de mari proporţii va cuprinde numai acele probleme care se referă la regimurile de funcţionare a reţelelor sistemelor electroenergetice care intră în competenţa catedrei de Sisteme electrice a Institutului energetic din Moscova.

Astfel, în lucrarea în şapte volume nu au fost incluse probleme referitoare la regimurile centralelor electrice, comportarea instalaţiilor serviciilor interne ale centralelor electrice, protecţia prin relee a sistemelor electrice şi instalaţiile de automatică, construcţia instalaţiilor de reglare şi comandă.

Cartea ,,Problemele matematice ale electromagneticii'', care reprezintă primul volum al lucrării ,,Sisteme electrice'', conţine expunerea acelor metode matematice care îşi găsesc o aplicare imediată în calculele de regimuri ale reţelelor sistemelor electroenergetice.

Autorii atrag atenţia că acest prim volum nu trebuie considerat ca un curs general de matematică pentru inginerii electroenergeticieni, ci ca o lucrare de legătură între cursurile de matematică şi aplicaţiile concrete ale matematicii la problemele de specialitate privind regimurile de funcţionare a sistemelor electroenergetice.

Autorii au considerat că lucrarea ,,Problemele matematice ale electroenergeticii'' trebuie să urmărească următoarele două scopuri :

— să realizeze legătura între matematică, ca disciplină generală teoretică, şi problemele practice curente din activitatea de inginerie ;

— să ofere aparatul practic concret pentru realizarea cercetărilor în domeniile considerate.

În acest context utilitar, autorii prezintă lucrarea pornind de la ideea că, în condiţiile unei culturi matematice generale, aparatul matematic necesar rezolvării unei anumite probleme poate fi aplicat adesea fără demonstraţie, indicînd numai restricţiile legate de fondul tehnic al problemei.

În acest prim volum, problemele matematice ale sistemelor electroenergetice sînt prezentate grupat, astfel :

1. Metode matriciale de analiză a circuitelor electrice cu noţiuni referitoare la teoria grafelor şi elemente de topologie aplicate la problemele concrete ale reţelelor electrice şi sistemelor.

În capitolele 1 şi 2 se prezintă elementele de bază ale algebrei liniare şi teoria grafelor.

Capitolul 3 este consacrat aplicării algebrei liniare şi teoriei grafelor la efectuarea transformărilor liniare care apar necesare în vederea determinării regimurilor reţelelor electrice.

2. Metodele teoriei probabilităţilor aplicate la studiul regimurilor de funcţionare a inslataţiilor sistemelor electroenergetice.

Nu toate procesele, care au loc în sistemul electroenergeticii au un caracter determinist, Multe dintre acestea au un caracter probabilistic.

În capitolul 4, pe baza examinării unor exemple concrete preluate direct din practica exploatării şi proiectării instalaţiilor componente ale unui sistem electroenergetic, se prezintă aplicarea metodelor teoriei probabilităţilor la problemele de energetică.

3. Metodele de analiză ale unor ecuaţii diferenţiale, necesare studiului stărilor stabile care reprezintă o pregătire în vederea analizei stabilităţii sistemelor electrice..

În acest scop se dă o atenţie deosebită metodelor de analiză a ecuaţiei caracteristice fără determinarea valorilor numerice ale rădăcinilor sale ca şi tehnicii de determinare numerică a soluţiei.

În capitolul 5 se prezintă expresiile matematice, metodele de obţinere şi transformare a ecuaţiilor diferenţiale liniare tipice pentru descrierea proceselor tranzitorii ale sistemelor reglate în mod automat şi în acelaşi timp comode pentru analiza stabilităţii proceselor tranzitorii.

În capitolele 6 şi 7 se examinează metodele de analiză a stabilităţii, criteriil de stabilitate care permit determinarea stabilităţii fără găsirea rădăcinilor ecuaţiei caracteristice, precum şi metodele de evaluare a proceselor în sistemele reglate automat, care permit compararea variantelor de proiect de reglaj automat.

În prefaţa la primul volum, autorii prezintă o clasificare a parametrilor sistemului electroenergetic utilizaţi la rezolvarea problemelor de stabilitate, clasificare care reprezintă o sistematizare utilă pentru specialiştii energeticieni ce lucrează în acest domeniu. Aceşti parametri sînt grupaţi în patru categorii.

a) parametrii fundamentali (parametrii elementelor sistemului : generatoare, transformatoare, linii de transport etc.) ;

b) parametrii de construcţie (parametrii echipamentului auxiliar din schemele de reglaj automat ale generatoarelor sincrone) ;

c) parametrii de stabilizare (parametrii elementelor sistemului de reglare automată) ;

d) parametrii de regim (parametrii care caracterizează regimul stabilizat al sistemului).

Expunerea teoretică este susţinută de numeroase aplicaţii care contribuie în mod consistent la asimilarea materialului prezentat.

Parcurgerea acestui prim volum îl redomandă ca fiind o valoroasă lucrare de sinteză a bazelor matematice necesare atît studenţilor facultăţilor de energetică şi electrotehnică cît şi inginerilor electroenergeticieni care lucrează în institutele de cercetare şi proiectare de specialitate şi în serviciile de exploatare a sistemului electroenergetic naţional.

Dr. ing. N. Chirculescu

L. GOIA, C. CRUCERU, C. POPESCU-GHIMPAŢI, R.KEMENY. **Coroziunea şi protecţia anticorozivă a conductelor electrice.**

Apariţia unei lucrări pe tema coroziunii la cabluri şi conducte electrice şi a metodelor de combatere constituie un eveniment important pentru întreg personalul tehnic.

Coroziunea şi combaterea ei reprezintă un domeniu întins de preocupări, studii şi cercetări şi, deşi ritmul de dezvoltare a industriei materialelor anticorosive este foarte rapid, industrializarea în continuă creştere creează permanent probleme de rezolvat.

Lucrarea prezintă un cîmp foarte diversificat de fenomene, avînd în vedere numeroasele materiale utilizate la confecţionarea conductelor şi cablurilor şi, în acelaşi timp, foarte întins cantitativ, referindu-ne la reţeau eonormă de conducte şi cabluri supra şi subterane existente în prezent.

Fenomenele de coroziune sînt tratate pe larg în capitolul 1 al lucrării.

Se prezintă în primul rînd fenomenele de coroziune şi tipurile de coroziune cunoscute. Se descrie apoi amănunţit mecanismul coroziunii în funcţie de natura acesteia (fizico-chimică, electro - chimică şi datorită factorilor biologici). Se tratează concret coroziunile părţilor componente ale conductelor electrice : materiale conductoare, materiale electroizolante şi învelişuri de protecţie. Este de remarcat seriozitatea lucrării în ceea ce priveşte luarea în considerare a tuturor factorilor care provoacă sau contribuie la producerea fenomenului de coroziune pe diferite materiale, precum şi fundamentarea teoretică corectă şi detaliată a întregii fenomenologii legată de coroziunea cablurilor şi conductelor. Se dau numeroase date şi diagrame foarte utile în practică.

În capitolul 2 se prezintă protecţia conductelor electrice împotriva coroziunii : acoperiri prin metalizare, vopsele anticorosive, protecţii din materialeplastice şi termorigide, protecţie electrochimică şi protecţie catodică. Proatecţia electrochimică este prezentata mai pe larg, avînd în vedere protecţisîmpotriva coroziunii prin curenţi de diapersie. Este de remarcat, în acest corpitol, atenţia care se dă procedeele, moderne de protecţie electrochimic-anodice şi catodice. Poate ar fi fost interesantă detalierea teoretică a procedeului prin absorbţie de curent, mai puţin dezvoltat în lucrare.

Capitolul 3 prezintă un deosebit interes prin trecerea în revistă atît a metodelor de determinare a gradului de coroziune cît şi a posibilităţilor reale de aplicare a acestor metode cu rezultate cantitative. După cum se ştie, în ce priveşte coroziunea, metodele şi aparatura de măsură constituie o preocupare continuă a specialiştilor, avînd în vedere tocmai diversitatea tipurilor de fenomene care apar.

Se descriu amănunţit metodele de măsurare privind agresivitatea mediului : determinarea umidităţii, măsurarea pH, potenţialului redox, conductivităţii soluţiilor, conţinutului de gaze corosive, măsurarea temperaturii şi rezistivităţii solului. Se dau în final metode electrice şi chimice pentru aprecierea agresivităţii solului. Trebuie remarcată proporţia importantă a aparatajului de măsură fabricat în ţară. Măsurările privind curenţii de dispersie şi cele privind instalaţiile corodate şi protecţia corosivă sînt grupate în subcapitole distincte, conţinînd atît principiile cît şi metodele concrete de lucru.

Capitolul se încheie cu consideraţii generale privind executarea măsurărilor, aparatele şi interpretarea rezultatelor şi cu metode de încercări climatice necesare modoficării comportării cablurilor şi conductelor în condiţii corosive.

În concluzie lucrarea prezentată vine să umple un gol resimţit în domeniul coroziunii la conducte şi cabluri electrice şi permite înţelegerea calitativă şi cantitativă a numeroaselor atacuri suferite de diferite materiale în timpul proceselor de coroziune, uşurînd alegerea mijlocului de măsurare şi combatere a acestor fenomene care sînt cauza atîtor avarii în instalaţiile industriale.

Lucrarea se prezintă în condiţii grafice bune. Ar fi fost însă necesară publicarea unei erate.

Chim. **M. Maftei** şi ing. **Gh. Laszlo**

◆

INFORMAŢII TEHNICE

Creşterea costului specific al blocurilor nucleare înzestrate cu reactoare cu apă uşoară cu puteri de circa 1100 MW în S.U.A. :

Anul contractual	1966	1967	1968	1969
Numărul de unităţi	6	8	8	4
Cost specific DM/kW	516	550	600	733

(B.W.K. nr. 8, 1970, p. 300)

Se estimează că, în 1976, puterea instalată a centralelor nucleare din ţările cu o dezvoltare nucleară mai importantă va atinge următoarele valori :

Ţara	Nr. de reactoare	Puterea electrică Mw
S.U.A.	107	76 500
Anglia	42	13 000
U.R.S.S.	29	8 800
R.F.G.	25	10 000
Japonia	19	9 500
Franţa	11	3 000
Suedia	10	5 400
Canada	9	4 000

Experţi din S.U.A. se tem că în următorii şaptezeci de ani, din cauza creşterii anuale de circa 8 % a consumului de energie electrică, folosirea cărbunilor nu va fi suficientă. În prezent nu se mai pot încheia contracte de cărbuni pe termene lungi de livrare. Rezervele medii de cărbuni la termocentralele din S.U.A. s-au redus de la 70 la 53 zile. Indicatori caracteristici pentru dezvoltarea preţului termic al cărbunelui sînt valorile de 4,1 DM/Gcal pentru luna martie 1970 şi 5,8 DM/Gcal pentru finele anului 1970.

În ultimii 15 ani numărul minerilor folosiţi în minele de cărbuni a scăzut de la 400 000 la 120 000. Din 1969 scăderea numărului de mineri nu se poate atribui sporirii productivităţii sau gradului de mecanizare. Dispoziţiile privind poluarea atmosferei îngreunează plasarea cărbunilor cu conţinut de sulf.

(B.W.K. nr. 9, 1970 . p. 457)

Centrala Porcheville B este prima care a folosit turbine de 600 MW cu un singur ax. Tot pentru această centrală s-au construit pompe de alimentare cu un debit de 2150 m³/h şi înălţime de refulare de 2090 m. Puterea necesară pompei este de 12950 KW.

(„Energie". nr. 1, 1971 p. 23)

Pentru centrala de acumulare cu pompare ,,Waldekc II'' din R.F. a Germaniei A.E.G. va furniza două generatoare sincrone de cîte 265 MVa, cele mai mari din Europa. Prima fază a construcţiei va fi gata în anul 1975.

(„Elektrizitatswirtschaft", nr. 2, 1971)

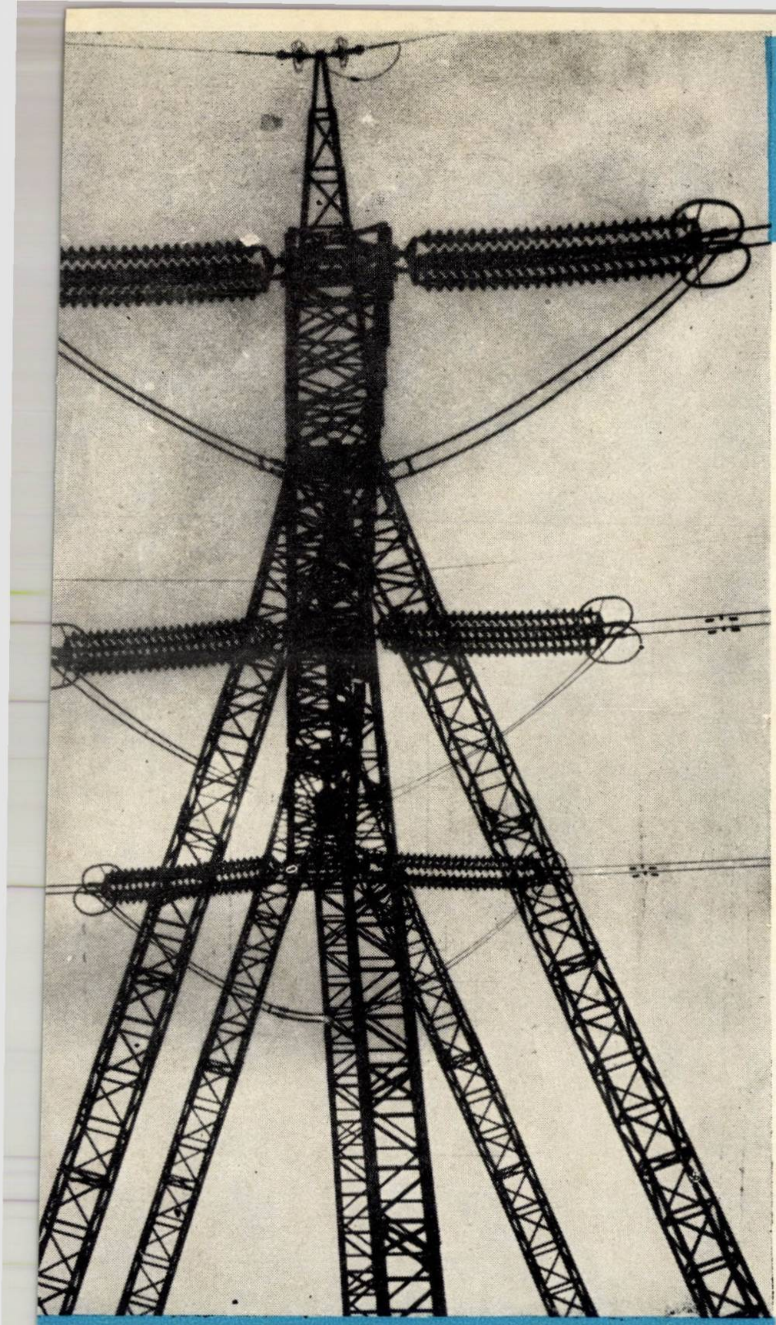
Se estimează că întreprinderile de alimentare cu energie electrică din S.U.A. vor investi în 1971 11,9 miliarde dolari (10,1 miliarde dolari în 1970). Puterea instalată a acestor întreprinderi va creşte cu 30,9 GW, ajungînd la 293 GW. Puterea totală instalată în S.U.A. va trebui să crească cu 10,5 %, ajungînd la 378,6 GW.

(Elektrizitätswirtschaft" nr. 2, 1971, p. 56)

În planul de investiţie al ,,Electricité de France'' se prevede construirea pînă în 1975 a patru noi centrale nucleare prevăzute numai cu reactoare cu apă uşoară în licenţele ,,Westinghouse'' şi ,,General Electric''.

(BWK nr. 3, 1971, p. 119)

◆



INTREPRINDEREA
ELECTROMONTAJ
CLUJ

Execută:

- linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV
- linii electrice de distribuție
- rețele electrice în cablu subteran pînă la 35 kV
- stații de transformare de 35—400 kV
- stații de distribuție și posturi de transformare
- rețele de iluminat public
- electrificări rurale

INTREPRINDEREA ELECTROMONTAJ
CLUJ Str. 30 Decembrie nr. 27

București, Bd Dacia nr. 33
Telephone 12.05.51 - Telex 135
Telegraphic adress Romenergo - Bucharest

ROMENERGO

ROMENERGO, ENTERPRISE FOR FOREIGN TRADE, OFFERS SERVICES ENSURED BY A GROUP OF ENTERPRISES, INSTITUTES AND LABORATORIES SPECIALIZED IN ENERGETICS, STARTING FROM FEASIBILITY STUDIES UP TO COMMISSIONING AND STAFF TRAINING

ROMENERGO carries out topographic, geologic, geotechnic, hydrologic surveys, „in situ" investigations regarding soil and rock mechanics.
ROMENERGO establishes concrete formula and technology, construction materials quality, soil and rock mechanics researches, water chemistry.
ROMENERGO provides hydro-electric designs and consulting and engineering services, in all power project problems.
ROMENERGO carries out construction and erection works for power projects.
ROMENERGO supplies equipment, subassemblies and prefabricated elements for hydro-electrical constructions and equipments.
ROMENERGO carries out power objectives commissioning and operation tests.

ROMENERGO effectue des prospections topométriques, géologiques, géotechniques, hydrologiques, des travaux d'études «in situ» concernant la mécanique du sol et des roches.
ROMENERGO établit les recettes et la technologie des bétons, la qualité des matériaux de construction, les recherches de mécanique du sol et des roches, le chimisme des eaux.
ROMENERGO assure l'établissement des projets pour les objectifs énergétiques et des services de consulting et engineering, en tous problèmes énergétiques.
ROMENERGO exécute des travaux de constructions et montages énergétiques.
ROMENERGO fournit l'équipement, l'outillage, les sous-ensembles et les préfabriqués pour constructions et installations énergétiques.
ROMENERGO exécute des essais, des vérifications et des tests pour la mise en fonction et la mise en exploitation des installations énergétiques.

THE SERVICES AND WORKS ARE SUPPLIED FOR

- thermal plants and combined heat and power production plants with boilers of any capacities and high operational parameters, and with turbosets up to 350 MW per unit ;
- hydro-electric developments and hydro-electric power stations with turbines of any types and capacity ;
- plants with Diesel engines sets of any capacities ;
- overhead lines up to 400 kV voltage ;
- indoor or outdoor substations, for networks or consumers up to 400 kV voltage ;
- overhead lines or cables for high, medium and low voltage;
- industrial, urban or rural transformer posts for any transformation rate ;
- industrial, urban and rural electrifications.

ROMENERGO USES

- well-equipped specialized enterprises ;
- modern work methods and technologies ;
- skilled specialists of large experience.

ROMENERGO UTILISE

- des entreprises spécialisées bien outillées ;
- les méthodes de travail et les technologies les plus modernes ;
- des spécialistes de haute qualification et ayant une riche expérience.

The works and installations may be carried out with materials, prefabricated elements and equipment furnished by ROMENERGO or placed at its disposal, partially or entirely, by the customers.
ROMENERGO serves you in the best and economical conditions.

Request information and tenders at ROMENERGO

Les travaux et les installations peuvent être exécutés avec des matériaux, préfabriqués, outillages et équipements fournis par ROMENERGO ou mis à sa disposition, partiellement ou totalement, par les clients.
ROMENERGO est à votre service dans les meilleures et les plus économiques conditions.

Demandez des informations et offres à ROMENERGO

IRE

IAȘI

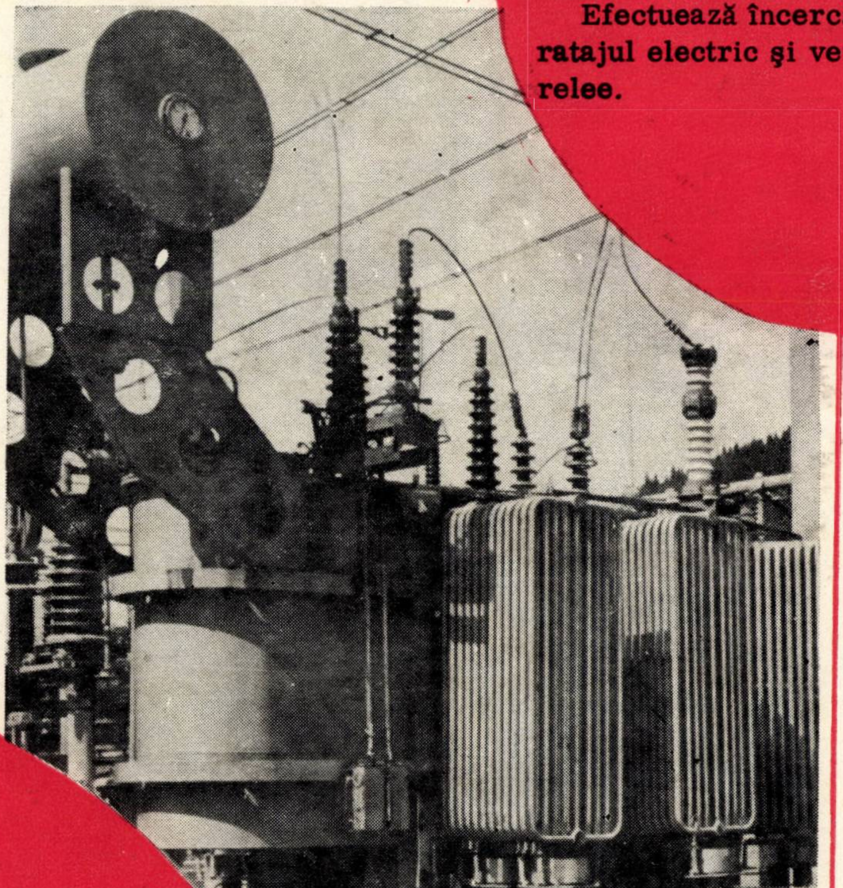
str. Uzinei nr. 38

Proiectează, execută și exploatează:

- posturi şi staţii de transformare;
- linii electrice aeriene şi subterane de transport şi distribuţie;
- instalaţii de iluminat exterior;
- instalaţii electrice interioare;

Asigură buna deservire a consumatorilor de energie electrică din sectorul industrial, agricol şi casnic din regiune;

Efectuează încercări profilactice la aparatajul electric şi verificări de protecţii prin relee.



ÎNTREPRINDEREA DE REȚELE ELECTRICE IAȘI

Adresaţi-vă serviciilor de specialitate ale întreprinderii, care vă stau la dispoziţie pentru rezolvarea în cele mai bune condiţii tehnice şi economice a tuturor problemelor privind alimentarea cu energie electrică.

IEC

CRAIOVA

Produce şi furnizează prin instalaţiile sale, în condiţii de siguranţă şi calitate :

- energie electrică, sistemului electroenergetic naţional şi consumatorilor de energie electrică din regiune;
- căldură, consumatorilor industriali din zonă.

Centrala Electrică de Termoficare-Craiova, dispune de grupuri generatoare de mare putere şi de instalaţii moderne, cu un înalt grad de automecanizare şi de concentrare a comenzilor, ceea ce asigură funcţionarea continuă a centralei în perfecte condiţii tehnice şi economice.

Cenuşa livrată de centrală, se poate utiliza de fabricile de ciment la elaborarea betonului celular autoclavizat, din care se realizează cărămizi uşoare, panouri mari pentru hale industriale, stîlpi uşori, izolaţii termice hidrofuge şi fonice, precum şi alte produse necesare industriei construcţiilor şi materialelor de construcţii.

i e c craiova

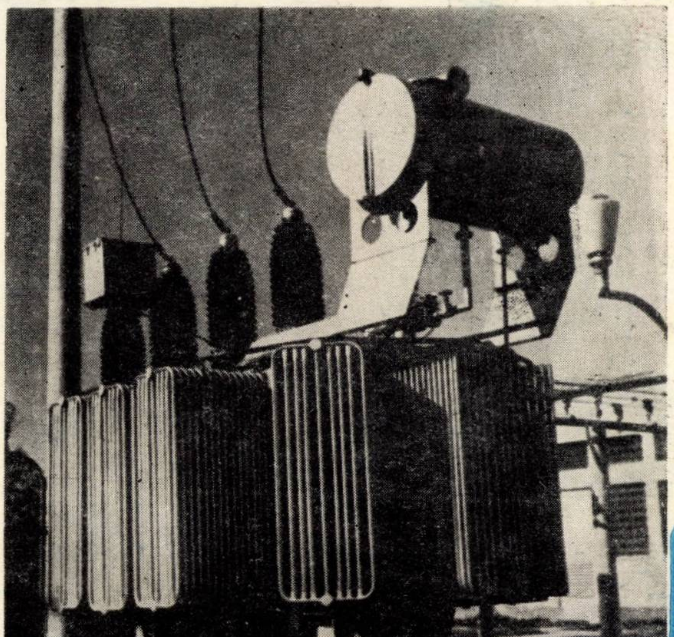
Comuna Işalniţa, Judeţul Dolj

IRE CLUJ

asigură alimentarea cu energie electrică din sistemul național a tuturor consumatorilor urbani și rurali din zonă, în condiții de siguranță și de calitate

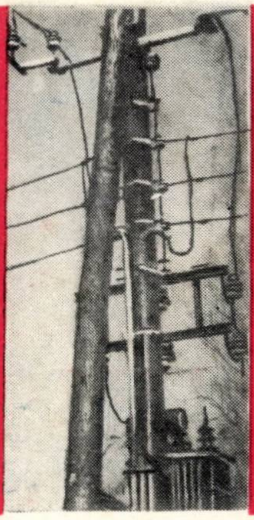
proiectează linii electrice aeriene și subterane de înaltă, medie și joasă tensiune, stații și posturi de transformare, electrificări rurale, automatizări și modernizări în instalații

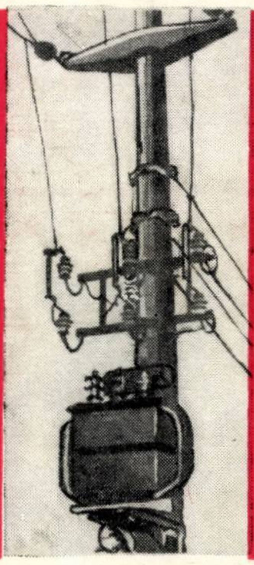
execută linii, stații și posturi de transformare, electrificări rurale, instalații electrice interioare în mediul urban și rural



I.R.E. Cluj

ÎNTREPRINDEREA DE REȚELE ELECTRICE
Cluj, str. 30 Decembrie nr. 27, tel.: 239.90





IRE

SIBIU

Produce transportă şi distribuie

energie electrică în reţelele electrice de înaltă, medie şi joasă tensiune.

Proiectează:

posturi şi staţii de transformare

linii electrice aeriene şi subterane de transport şi distribuţie

instalaţii de iluminat exterior.

Construieşte:

linii electrice aeriene şi subterane de joasă tensiune

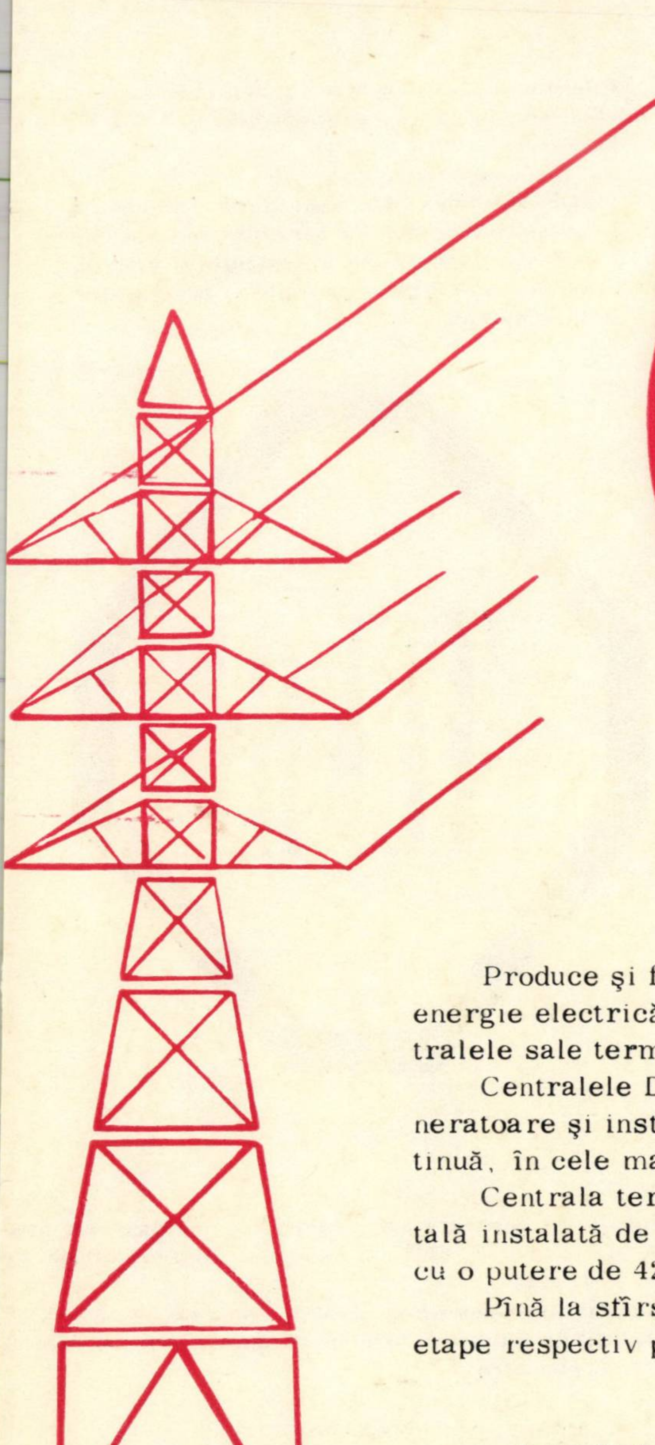
linii electrice de medie tensiune şi posturi de transformare pentru electrificări rurale.

Execută:

branşamente şi instalaţii electrice interioare de lumină şi forţă.

ÎNTREPRINDEREA DE REŢELE ELECTRICE
SIBIU, Str. Uzinei nr. 7 tel. 14850

INTREPRINDEREA ELECTROCENTRALE DEVA



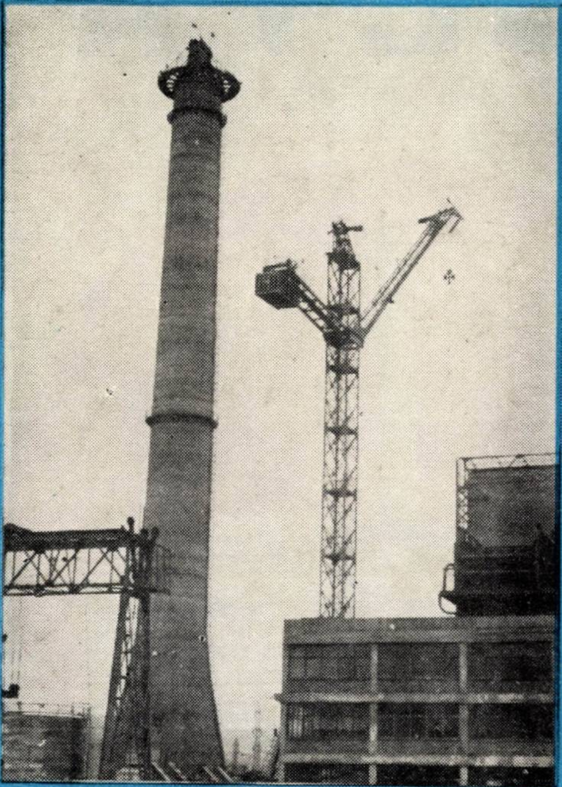
Produce şi furnizează la un înalt grad de siguranţă şi calitate, energie electrică, sistemului electroenergetic naţional, prin centralele sale termoelectrice Deva şi Paroşeni

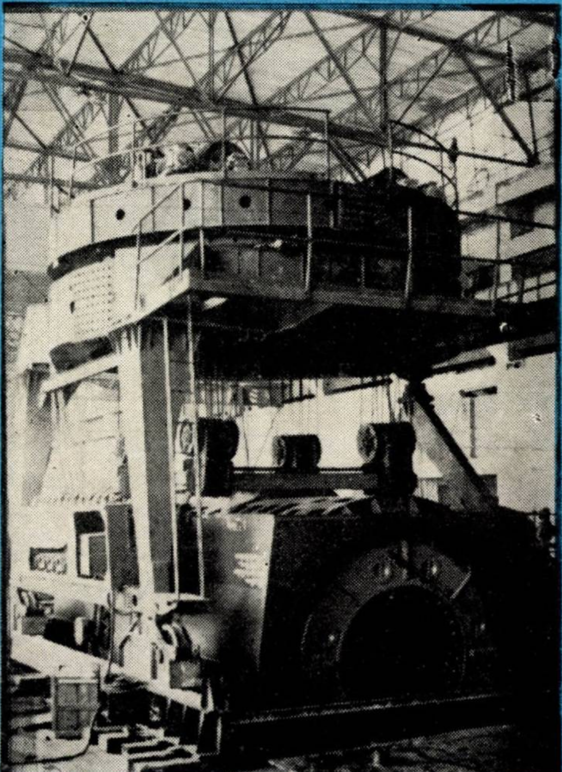
Centralele Deva şi Paroşeni, sînt prevăzute cu grupuri generatoare şi instalaţii moderne care le asigură o funcţionare continuă, în cele mai bune condiţii tehnice şi economice.

Centrala termoelectrică Deva, în construcţie, cu o putere totală instalată de 840 MW în prima etapă, funcţionează în prezent cu o putere de 420 MW.

Pînă la sfîrşitul anului 1971 este prevăzută terminarea primei etape respectiv punerea în funcţiune a puterii totale de 840 MW

INTREPRINDEREA ELECTROCENTRALE DEVA
Com. MINTIA, Jud. HUNEDOARA





TRUSTUL DE CONSTRUCŢII ŞI MONTAJE ENERGETICE

BUCUREŞTI

Execută prin unităţile sale:

- Lucrări de construcţii la centrale termoelectrice echipate cu grupuri de 25 – 315 MW
- Construcţii hidrotehnice aferente centralelor termoelectrice
- Staţii electrice de conexiuni interne şi externe de 20 – 400 kV aferente centralelor
- Reţele de termoficare industrială şi urbană
- Confecţii metalice aferente centralelor termoelectrice

TCME

- Montaje de centrale termoelectrice echipate cu grupuri de 25 – 315 MW şi centrale hidroelectrice de 5,5 – 170 MW
- Instalaţii hidromecanice pentru centrale electrice
- Instalaţii de automatizare, mecanizare, control pentru centrale electrice

TRUSTUL DE CONSTRUCTII
SI MONTAJE ENERGETICE
Cal. Moşilor 158, tel. 16. 63. 30

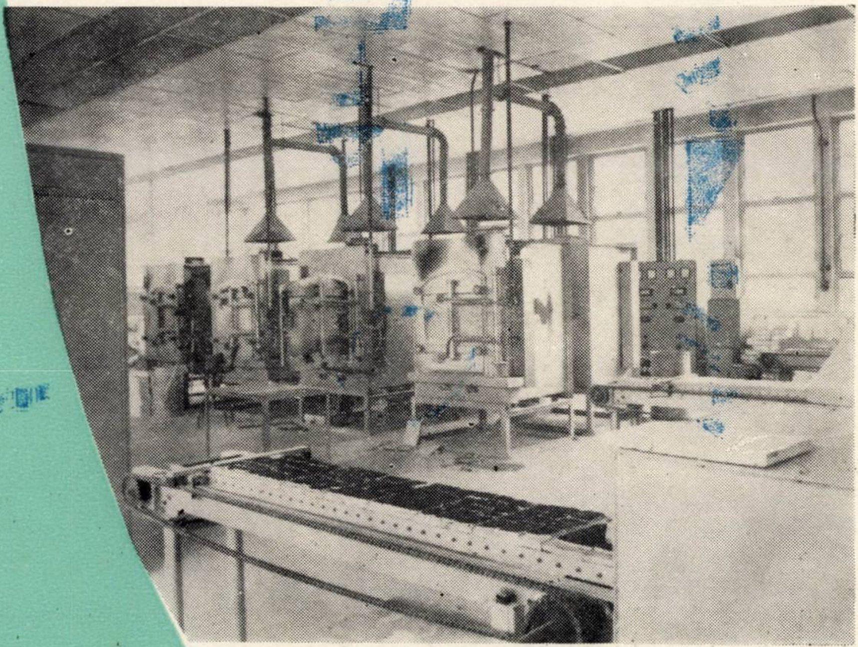
INTREPRINDEREA DE PIESE RADIO ȘI SEMICONDUCTORI BĂNEASA

STR. EROU IANCU NICOLAE NR. 32 • SECTORUL 2
TELEFON 33.38.30 • TELEX. 011203

produce:

PIESE RADIO:

- Rezistoare fixe cu peliculă de carbon
- Rezistoare bobinate
- Termistoare
- Condensatoare cu poliester
- Condensatoare cu polistiren
- Condensatoare electrolitice normale
- Condensatoare electrolitice miniatură
- Condensatoare ceramice
- Condensatoare hîrtie uz general
- Condensatoare cu hîrtie metalizate
- Condensatoare telefonice
- Condensatoare auto
- Condensatoare pentru tuburi fluorescente
- Cablaje imprimate



DISPOZITIVE SEMICONDUCTOARE

- Tranzistoare cu germaniu, de joasă frecvență
  - de mică putere
  - de medie putere
  - de putere
- Tranzistoare cu germaniu, de inaltă frecventa
  - de mică putere
  - drift de mică putere
- Diode cu germaniu cu contact punctiform
- Redresoare cu germaniu de medie putere
- Fotodiode cu germaniu
- Diode redresoare cu siliciu
  - de mică putere
  - de putere
- Diode Zener de mică putere

ICMP

ÎNTREPRINDEREA DE CONSTRUCŢII METALICE ŞI PREFABRICATE

BUCUREŞTI STR. ACŢIUNII NR. 2, TEL. 23 87 20

MANUFACTURES :

— prefabricated elements for power plants equipment, for substations and transformer posts
— indoor and outdoor equipment cubicles ranging from 10 to 20 kV
— control, protection, measurement and signallizing switchboard pannels
— switchgear and control cabinets
— clamp boxes
— armatures, clamps and parts for bars and conductors

ACHIEVES :

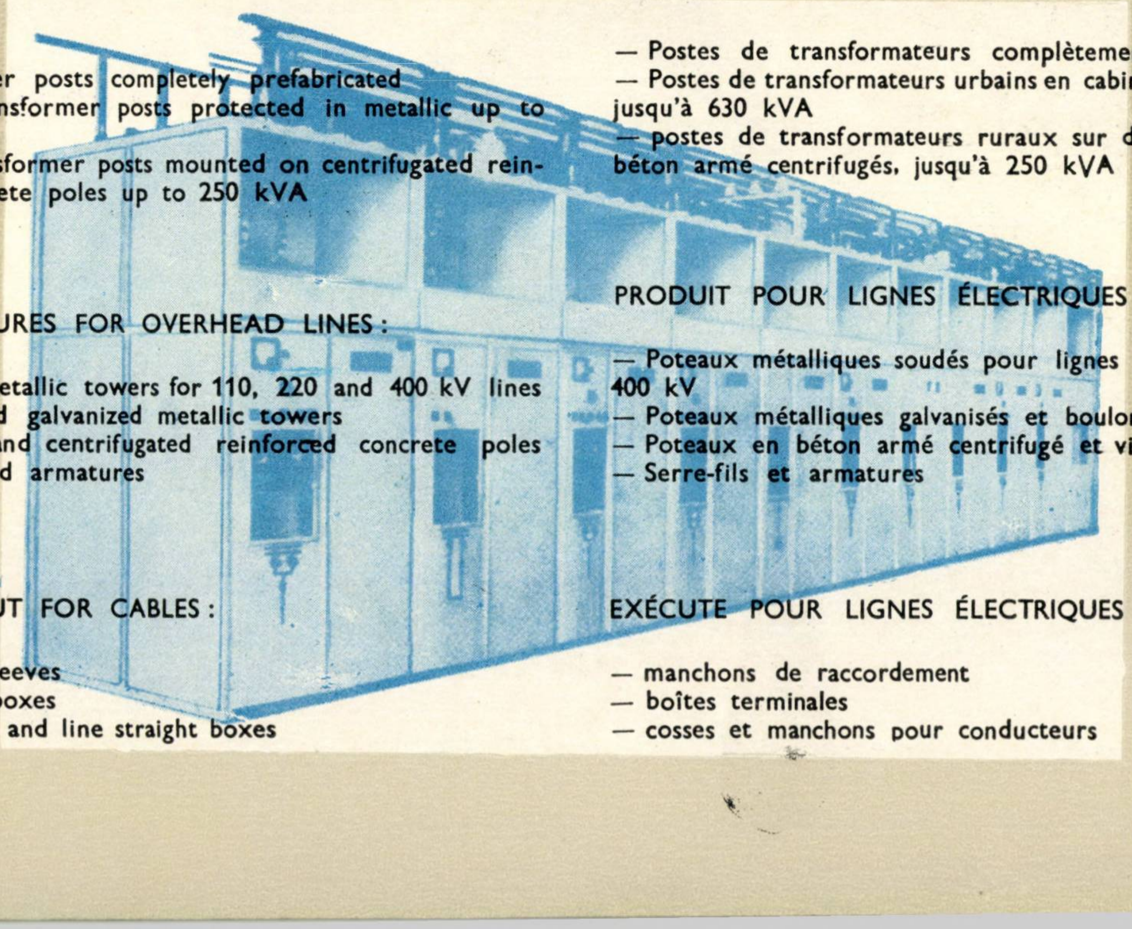
— transformer posts completely prefabricated
— urban transformer posts protected in metallic up to 630 kVA
— rural transformer posts mounted on centrifugated reinforced concrete poles up to 250 kVA

MANUFACTURES FOR OVERHEAD LINES :

— welded metallic towers for 110, 220 and 400 kV lines
— bolted and galvanized metallic towers
— vibrated and centrifugated reinforced concrete poles
— clamps and armatures

CARRIES OUT FOR CABLES :

— jointing sleeves
— terminal boxes
— cable shoes and line straight boxes



EXÉCUTE :

— Préfabriqués pour la partie électrique des centrale et pour les postes de transformateurs
— Cellules d'intérieur et d'extérieur de 10—20 kV
— Panneaux de commande, protection, mesure et signalisation
— Armoires pour appareils et de commande
— Boîtes à serre-fils
— Armatures, serre-fils et pièces pour barres et conducteur

RÉALISE :

— Postes de transformateurs complètement préfabriqué
— Postes de transformateurs urbains en cabines métallique jusqu'à 630 kVA
— postes de transformateurs ruraux sur des poteaux e béton armé centrifugés, jusqu'à 250 kVA

PRODUIT POUR LIGNES ÉLECTRIQUES AÉRIENNES :

— Poteaux métalliques soudés pour lignes à 110, 220 et 400 kV
— Poteaux métalliques galvanisés et boulonnés
— Poteaux en béton armé centrifugé et vibré
— Serre-fils et armatures

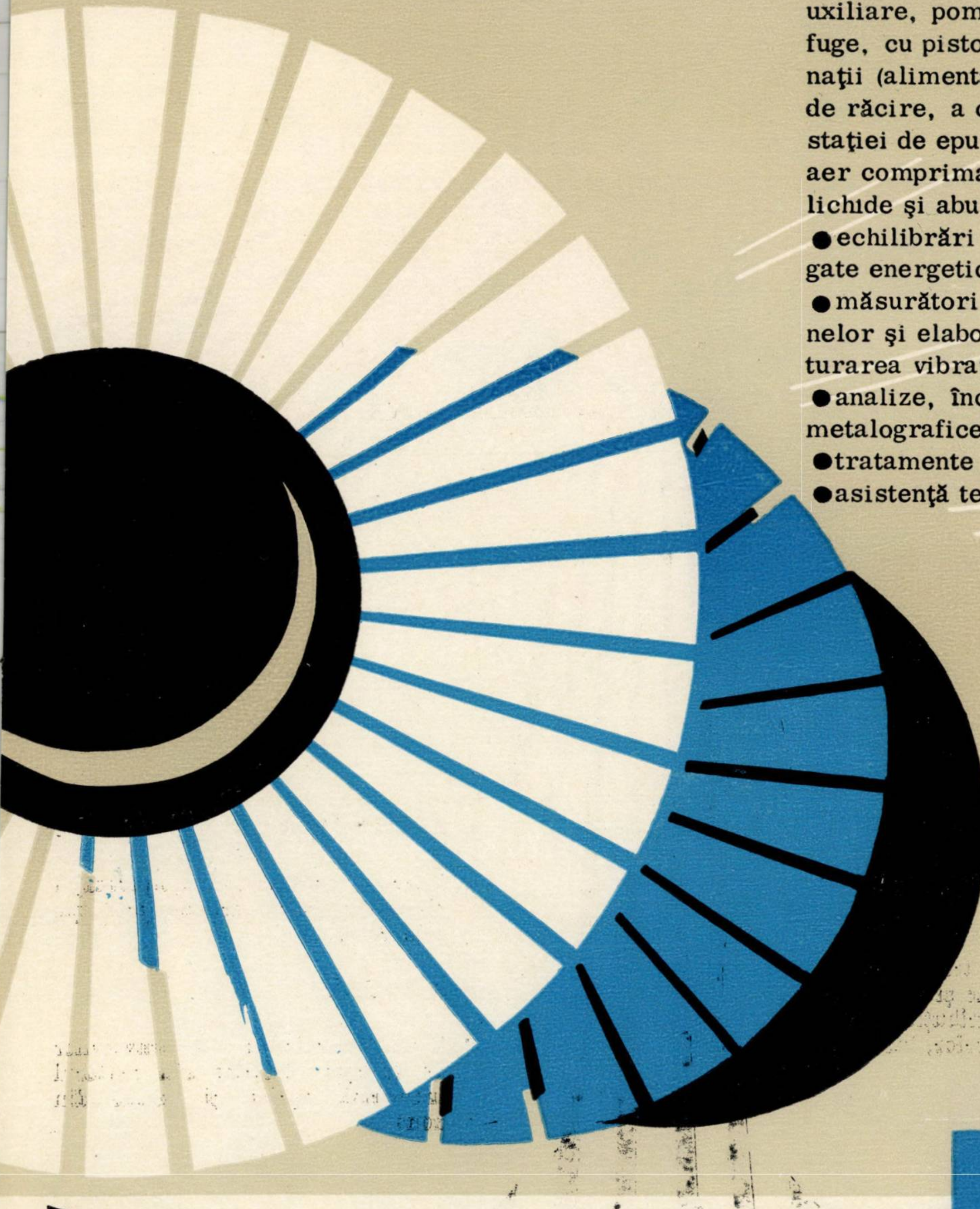
EXÉCUTE POUR LIGNES ÉLECTRIQUES EN CÂBLE :

— manchons de raccordement
— boîtes terminales
— cosses et manchons pour conducteurs

I.I.S. ENERGOREPARAŢII

EXECUTĂ URMĂTOARELE LUCRĂRI ŞI SERVICII:

- lucrări de reparaţii la turbine cu abur, turbine hidraulice. motoare cu ardere internă staţionare şi generatoare electrice de orice tip şi putere folosite în industria ţării;
- lucrări de reparaţii la instalaţiile auxiliare din centralele electrice: agregate auxiliare, pompe de diferite tipuri (centrifuge, cu piston, cu roţi dinţate) şi destinaţii (alimentare cazane, circulaţia apei de răcire, a condensatului, deservirea staţiei de epurare a apei etc.), staţii de aer comprimat, robinete şi vane pentru lichide şi abur etc.;
- echilibrări statice şi dinamice la agregate energetice;
- măsurători de vibraţii la paletele turbinelor şi elaborarea soluţiilor pentru înlăturarea vibraţiilor periculoase;
- analize, încercări, probe mecanice, metalografice şi chimice;
- tratamente termice;
- asistenţă tehnică, expertize.

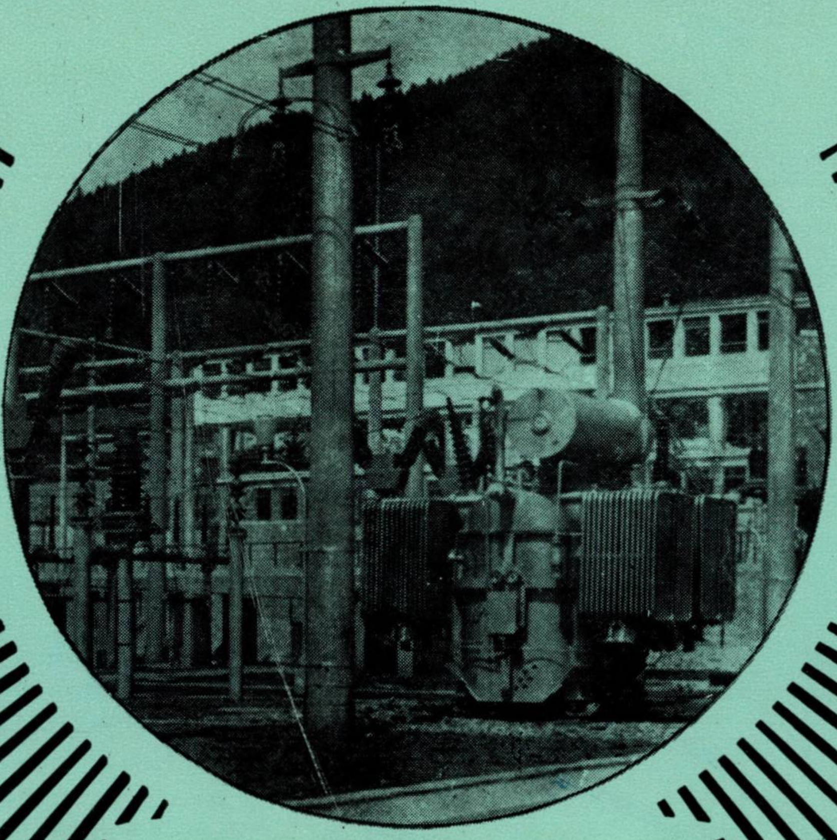


I.I.S. ENERGOREPARAŢII

BUCUREŞTI, SECTORUL 5
BD. MĂRĂŞEŞTI, Nr. 2,
TEL. 23.26.40

PROMETEU

întreprinderea de rețele electrice PLOIEȘTI



- **EFECTUEAZĂ**

încercări profilactice la aparatajul electric și verificări de protecție prin relee

- **ASIGURĂ**

buna deservire a consumatorilor de energie electrică din sectorul industrial, agricol și casnic din zonă

- **PROIECTEAZĂ, EXECUTĂ ȘI EXPLOATEAZĂ**

posturi și stații de transformare, linii electrice aeriene și subterane de transport și distribuție, instalații de iluminat exterior, instalații electrice interioare

ÎNTREPRINDEREA DE REȚELE ELECTRICE PLOIEȘTI

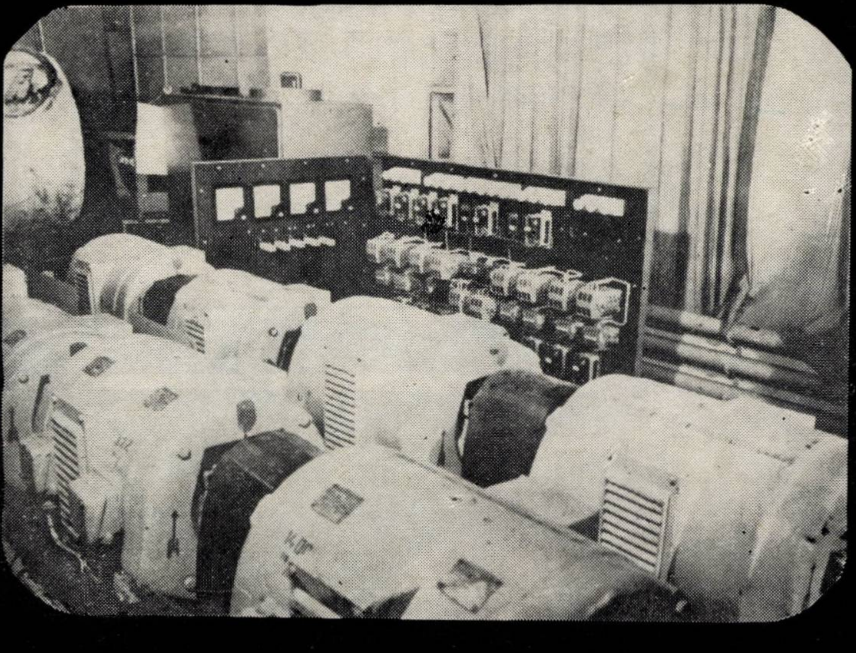
I.C.P.E.

I. C. P. E.
Bd. T. Vladimirescu nr. 45—47
Bucureşti, Sector 6

M. I. C. M.

INSTITUTUL DE CERCETARE ŞI PROIECTARE
PENTRU INDUSTRIA ELECTROTEHNICA
Telefon : 31.41.00—Cont Virament 400.15.22. BI—SMB

Электротехнический научно-исследовательский и проектировочный институт	Electrical Engineering and Research Institute	Forschungs-und Projektierungsinstitut für die Elektroindustrie	Institut de Recherches et Projets pour l'Industrie Èlctrotechnique



Laboratorul de încercări maşini electrice

Primeşte comenzi de cercetare şi proiectare cu profil electrotehnic.

Institutul execută studii, încercări, omologări şi prototipuri în domeniul maşinilor şi transformatoarelor electrice, aparatelor de joasă şi de înaltă tensiune, acţionărilor electrice, climatizării produselor industriale, calculelor cu maşini electronice, materialelor electrotehnice.

INTREPRINDEREA

BUCUREȘTI

Exécute des travaux de montage pour les installations du réseau électrique:

- **Lignes électriques de transport pour tensions jusqu'à 400 kV**
- **Postes de transformateurs à 35—400 kV**
- **Réseaux d'éclairage public**
- **Lignes électriques de distribution de haute et moyenne tension**
- **Postes de distribution pour toute puissance et tout rapport de transformation**
- **Lignes électriques en câbles souterrains et sous-fluviaux jusqu'à 110 kV**
- **Electrifications rurales**

Les travaux de montage sont exécutés par ÎNTREPRINDEREA ELECTROMONTAJ BUCUREȘTI par des procédés technologiques modernes de haute productivité à durées d'exécution minimes et d'un niveau qualitatif élevé

1971 NOV 1 ?

Carries out erection works for power systems equipment and electrical networks

- Transmission lines for voltage up to 400 kV
- Transformer substations ranging from 35 to 400 kV
- Public lighting networks
- Distribution lines of high and medium voltage
- Substations for any capacity and transformation ratio
- Underground and under-river electrical cables up to 110 kV
- Rural electrifications

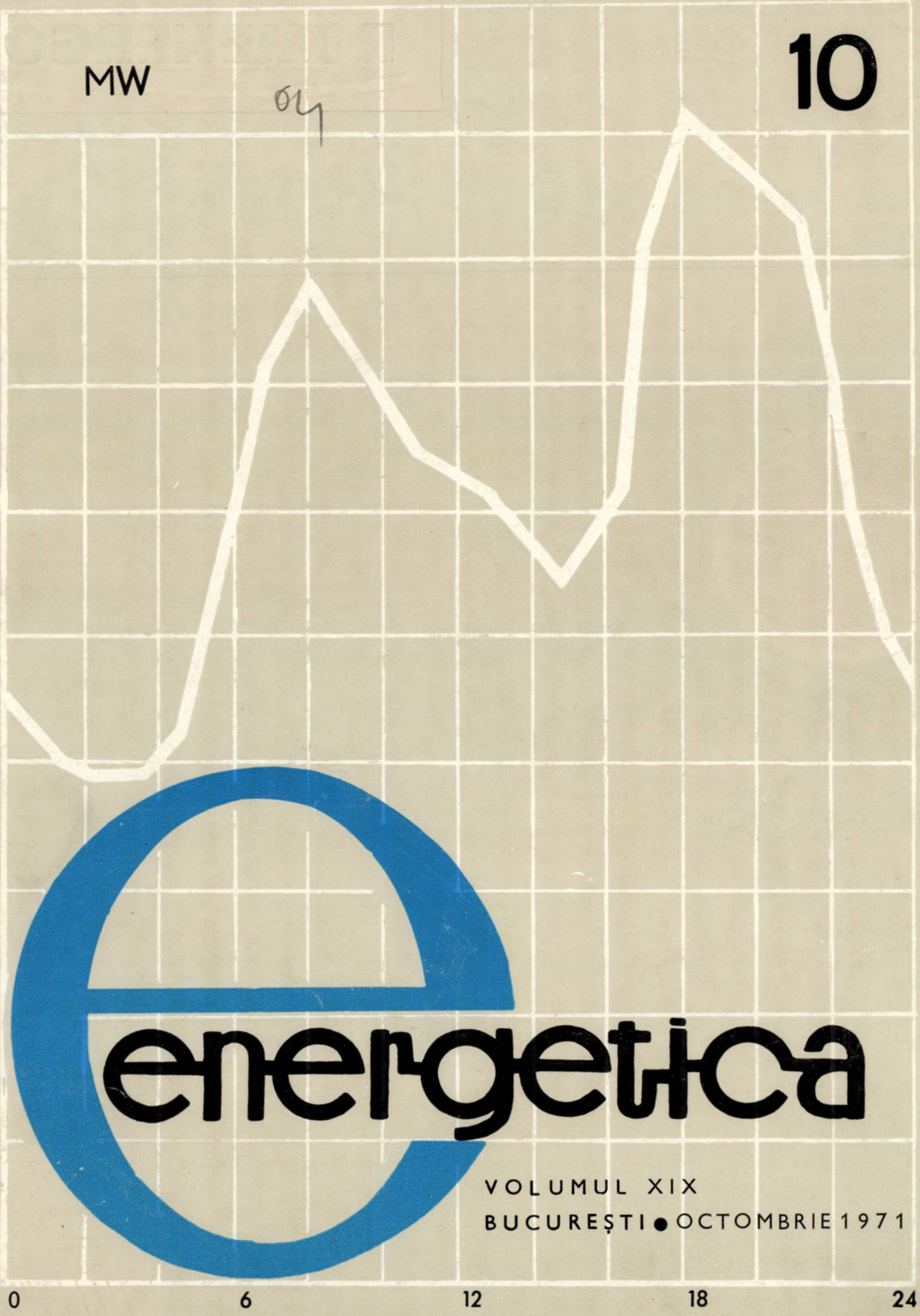
The erection works are carried out by ÎNTREPRINDEREA ELECTROMONTAJ BUCUREȘTI by high productivity modern technological processes, in short delivery times and at high quality level

București, Str. Candiano Popescu nr. 1, Sectorul 5, tel. 23.88.30 telex 011.208

E2039

04

10



energetica

VOLUMUL XIX
BUCUREȘTI • OCTOMBRIE 1971

Bucureşti, Bd Dacia nr. 33
Telephone 12.05.51 - Telex 135
Telegraphic adress Romenergo - Bucharest

ROMENERGO

ROMENERGO, ENTERPRISE FOR FOREIGN TRADE, OFFERS SERVICES ENSURED BY A GROUP OF ENTERPRISES, INSTITUTES AND LABORATORIES SPECIALIZED IN ENERGETICS, STARTING FROM FEASIBILITY STUDIES UP TO COMMISSIONING AND STAFF TRAINING

ROMENERGO carries out topographic, geologic, geotechnic, hydrologic surveys, „in situ" investigations regarding soil and rock mechanics.
ROMENERGO establishes concrete formula and technology, construction materials quality, soil and rock mechanics researches, water chemistry.
ROMENERGO provides hydro-electric designs and consulting and engineering services, in all power project problems.
ROMENERGO carries out construction and erection works for power projects.
ROMENERGO supplies equipment, subassemblies and prefabricated elements for hydro-electrical constructions and equipments.
ROMENERGO carries out power objectives commissioning and operation tests.

ROMENERGO effectue des prospections topométriques, géologiques, géotechniques, hydrologiques, des travaux d'études «in situ» concernant la mécanique du sol et des roches
ROMENERGO établit les recettes et la technologie des bétons, la qualité des matériau
de construction, les recherches de mécanique du sol et des roches, le chimisme des eaux
ROMENERGO assure l'établissement des projets pour les objectifs énergétiques et de
services de consulting et engineering, en tous problèmes énergétiques.
ROMENERGO exécute des travaux de constructions et montages énergétiques.
ROMENERGO fournit l'équipement, l'outillage, les sous-ensembles et les préfabriqués pou
constructions et installations énergétiques.
ROMENERGO exécute des essais, des vérifications et des tests pour la mise en fonction e
la mise en exploitation des installations énergétiques.

THE SERVICES AND WORKS ARE SUPPLIED FOR

- thermal plants and combined heat and power production plants with boilers of any capacities and high operational parameters, and with turbosets up to 350 MW per unit ;
- hydro-electric developments and hydro-electric power stations with turbines of any types and capacity ;
- plants with Diesel engines sets of any capacities ;
- overhead lines up to 400 kV voltage ;
- indoor or outdoor substations, for networks or consumers up to 400 kV voltage ;
- overhead lines or cables for high, medium and low voltage;
- industrial, urban or rural transformer posts for any transformation rate ;
- industrial, urban and rural electrifications.

ROMENERGO USES

- well-equipped specialized enterprises ;
- modern work methods and technologies ;
- skilled specialists of large experience.

ROMENERGO UTILISE

- des entreprises spécialisées bien outillées ;
- les méthodes de travail et les technologies les plus modernes ;
- des spécialistes de haute qualification et ayant une riche expérience.

The works and installations may be carried out with materials, prefabricated elements and equipment furnished by ROMENERGO or placed at its disposal, partially or entirely, by the customers.
ROMENERGO serves you in the best and economical conditions.

Request information and tenders at ROMENERGO

Les travaux et les installations peuvent être exécutés avec des matériaux, préfabriqués, outillages et équipements fournis par ROMENERGO ou mis à sa disposition, partiellement ou totalement, par les clients.
ROMENERGO est à votre service dans les meilleures et les plus économiques conditions.

Demandez des informations et offres à ROMENERGO

E 2039

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL
AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

ANUL 1971 Nr. 10 Octombrie

Cuprinsul

Pag.

Tovarăşul NICOLAE CEAUŞESCU în mijlocul viitorilor energeticieni 473

Oancea, L. Sistemul de termoficare Brazi—Ploieşti 474—478

Popa, Th., Pop, M. şi Tardoş, G. Experimentări privind pornirea de la cald a unui grup cu condensaţie de 50 MW, în vederea funcţionării în regim de vîrf 478—485

Istrate, I. Consideraţii privind calculul şi interpretarea frecvenţelor superioare statice şi dinamice la paletele turbinelor 486—490

Forje, Al., Forje, I. şi Andreoiu, L. Examinarea unei avarii la materialul tubular al supraîncălzitorului din oţel austenitic al unui cazan de 210t/h 490—492

Porţeanu, M. şi Săndulescu, M. Realizări experimentale în tranzistorizarea comenzilor şi semnalizărilor din staţii electrice 493—504

Goia, L. M. Utilizarea prizelor de pămînt naturale pentru linii electrice aeriene 504—509

Ambrozie, C. Calculul exact al repartiţiei tensiunii de-a lungul unui circuit cu capacităţi 510—512

Constantinescu, J. Diakoptica — metodă de analiză a reţelelor electrice 513—518

Tarnavschi, Ş. Apicaţii ale metodei „ramificare şi frontiere" în planificarea reţelelor electrice urbane 518—522

RECENZII

INFORMAŢII

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. univ. emerit ing. I. D. STĂNCESCU, redactor responsabil, ing. G. IORGULESCU, redactor responsabil adjunct, conf. ing. I. A. BADEA, ing. ST. BERENGHI, conf. ing. A. COGĂLNICEANU, dr. ing. P. DIMO, membru corespondent al Academiei Republicii Socialiste România, laureat al Premiului de Stat, ing. H. FURTUNESCU, ing. P. IFTIME, ing. L. LUCA, ing. B. MARCU, dr. ing. A. MĂCRIŞ, conf. ing C. MIHĂILEANU, prof. dr. ing. V. I. NITU, ing. A. SPÎNU, ing. R. ZANE

OFICIUL DE DOCUMENTARE ENERGETICĂ

Cheile pneumatice cu impact reduc timpii de asamblare și reparare

În atelierele de reparații jumătate din timpul efectiv de lucru este consumat pentru desfacerea și înșurubarea piulițelor și șuruburilor. De asemenea, la lucrările de asamblare și demontare, o parte din timp este pierdut pentru astfel de operații.

Cheile pneumatice cu impact reduc considerabil timpul pentru aceste operații. Importante economii de timp pot fi obținute la înlocuirea unui mare număr de șuruburi, sau la asamblarea motoarelor sau a diferitelor mașini.

Un model pentru șuruburi de orice dimensiuni

Atlas Copcooferă o gamă largă de chei cu impact pentru îmbinări cu șuruburi variind între 6—32 mm.

Toate modelele se caracterizează printr-un motor pneumatic puternic, de tipul cu palete neprelucrate. Cuplul motorului este multiplicat de cîteva ori în timpul cursei de lucru. Absența cuplului de reacție ușurează munca lucrătorului.

Se pot alege din două tipuri-chei cu impact cu mecanism cu un singur șoc sau cu două șocuri

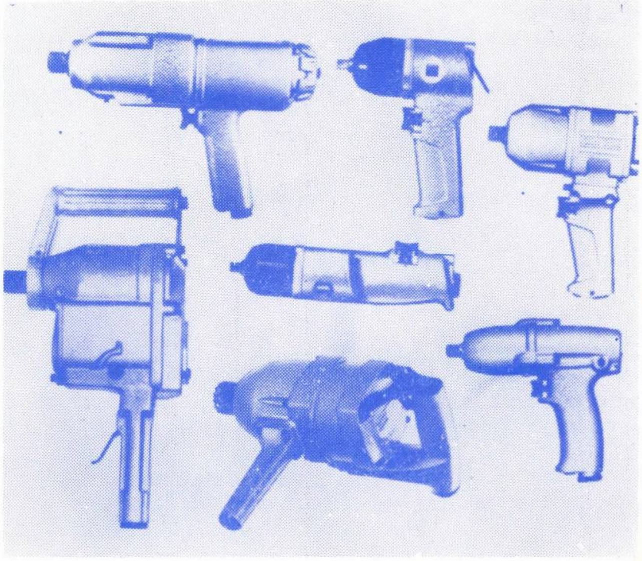
Ca și rotorul, mecanismul cu un singur șoc are numai patru piese în mișcare într-un ansamblu foarte simplu și ușor de urmărit. Aceste chei dezvoltă un puternic șoc și lucrează cu 10—17 impacturi/s. Ele sînt ideale pentru cele mai multe tipuri de îmbinări fixe.

Mecanismul lucrează în ambele sensuri. Cuplul se reglează ușor. De aceea, cheia poate fi utilizată pentru desfacerea unui șurub cu un cuplu mare sau pentru înșurubarea unui nou șurub la un cuplu de strîngere cu valoare prestabilită.

Chei cu dublu șoc

La tipul cu dublu șoc motorul funcționează la o turație ridicată și cheia asigură două șocuri pe rotație. Ca urmare, impulsurile cuplului sînt mai slabe dar mai frecvente, 30—45 impacturi/s — efectul de continuitate fiind ideal pentru îmbinări. Cheia cu dublu șoc este o sculă cu destinație universală, în special pentru îmbinări rezistente la șoc.

O selecție de modele și dimensiunile lor



Denumirea tipului	Dimensiunile maxime ale șurubului, mm	Impacturi/min	Greutate, kg
Modele cu un singur șoc			
LMS 054	6	1000	1,45
LMS 14	8	1000	1,6
LMS 24	10	950	2,4
LMS 34	12	750	2,9
LMS 44	16	700	3,8
LMS 64	32	600	7,9
Modele cu dublu șoc			
LMS 11	10	2800	1,9
LMS 25	16	1950	4,1
LMS 31	19	1850	5,0
LMS 41 V	22	2000	7,7

Folosiți cuponul alăturat pentru a cere informații tehnice

1) Atlas Copco AB, S-105 23 Stockholm, Suedia
Rog trimiteți detalii tehnice complete despre seria dv. completă de chei pneumatice cu impact.

2) Numele ....

3) Funcția ....

4) Adresa ....

Atlas Copco

PUBLICOM 11/69 x

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.311.22;687.34

Оанча, Л.: **Теплофикационная система Брази-Плоешти**

Energetica 19 (1971), №. 10, стр. 474–478

ДК 621.175.845

Попа. Т., Поп, М. и *Тардош, Г.:* **Опыты пуска из теплого состояния конденсационного турбоагрегата мощностью 50 мвт в целях его использования в пиковом режиме нагрузки**

После теоретического рассмотрения условий согреваний при ростов оборотов и нагрузки в режиме быстрого пуска, приводятся результаты приведенных испытаний.

Energetica 19 (1971), №. 10, стр. 478–485

ДК 621.165–253.5:534.1

Истрате, И.: **Соображения по расчету и интерпретации высших статических и дунамических частот лопатоk турбин**

Синтетически рассматриваются соотношения для расчета собственных частот разных порядков лопаток и предлагаются оригинальные соотношения для лопаток с переменным сечением.

Energetica 19 (1971), №. 10, стр. 486–490

ДК 621.181.844.004.64

Форже , Ал., Форже, И. и *Андреою, Л.:* **В связи с примером аварий труб из аустенитной стали пароперегевателя одного котла типа 210 т/ч**

Рассматриваются результаты рассмотрений случаев разрывов труб из аустенитной стали выходного пароперегребателя и приводятся выводы по составу к.п.д. металла.

Energetica 19 (1971), №. 10, стр. 490–492

ДК 621.311.4–52.621.382.3

Порцяну, М. и *Сэндулеску, М.:* **Опытные работы по транзисторизации управлений и сигнализаций электрических подстанций**

После краткого описания технических и конструктивных решений экспериментального оборудования приводятся периоды местопроведения опытов и соответствующие выводы.

Energetica 19 (1971), №. 10, стр. 493–504

ДК 621.316.99:621.315

Гоя, Л. М.: **Использование природного заземления для линий передачи**

Рассматривается по вышеуказанным заземлениям способ определения сопротивления рассеяния токов в земле, напряжения соприкосновения и шагового напряжения, импульсного сопротивления и условия тепловой устойчивости, отдельно по опорам линий среднего и высокого напряжений. Приводятся выводы по полученным результатам и по применению таковых на практике.

Energetica 19 (1971), №. 10, стр. 504–509

ДК 621.3.027

Амброзие, К,: **Точный расчет распределения напряжения по цепи с емкостями**

Выводится соотношение для точного расчета распределения по ряду емкостей, независимо от числа элементов и сравниваются результаты по величинам полученным в практике и рассчитанные упрощенными формулами.

Energetica 19 (1971), №. 1 , стр. 510–512

ДК 621.316:621.317.08

Константинеску, Ж.: **Диакоптика — Метод анализа электрических сетей**

Приводится метод изложенный Г. Кроном в работе ,,Диакоптикс'' и предназначенный для решения по участкам комплексных электроэнергетических систем. Выводится фундаментальное уравнение, являющееся основой метода и рассматриваются несколько специальных методов применения.

Energetica 19(1971), №. 10 стр.513–518

ДК 621.311.15:621.316.31

Тарнавский, Ш.: **Применение метода ,,Разветвления и границы'' при планирования городских сетей**

Рассматривается способ выбора решений для расширения городских сетей с учетом нескольких городов (соответствующие, например, уездному предприятию электрических сетей) и ограничений наложеными источниками, например, кабель 10 кв.

Energetlca 19 (1971). №, 10 стр. 518–522

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.311.22: 687.34

Oancea, L. : **Fernheizkraftsystem Brazi–Ploiești**

Energetica 19 (1971), H. 10, S. 474–478

DK 621.175.845

Popa, Th., Pop, M. und *Tardoș, G.* : **Versuchweises Anfahren eines 50 MW-Kondensationssatzen in warmen Zustand, bei Einsatz für Deckung von Lastspitzen**

Die Erwärmungsbedingungen bei Drehzahlerhöhung und Lastaufnahme bei schnellen Anfahren werden mit Hinweis auf die Ergebnisse vorgenommener Versuche theoretisch untersucht.

Energetica 19 (1971), H. 10, S. 478–485

DK 621.165–253.5:534.1

Istrate, I. : **Betrachtungen zur Berechnung und Deutung statischer und dynamischer Eigenfrequenzen von Turbinenschaufeln**

Die Beziehungen zur Berechnung der Eigenschwingungen verschiedener Ordnung von Turbinenschaufeln werden mit dem Vorschlag neuer Beziehungen für Schaufeln mit veränderlichem Qerschnitt dargelegt.

Energetica 19 (1971), H. 10, S. 486–490

DK 621.181.844.004.64

Forje, Al., Forje, I. und *Andreoiu, L.* : **Rohrschaden in einem aus austenitischem Stahl gefertigten Überhitzer eines Kessels**

Die Ergebnisse der Untersuchung eines Rohrbruches im Endüberhitzer eines 210 t/h Kessels werden mit Schlüssen in Bezug auf die Zusammensetzung und Widerstandsfestigkeit des Stahls dargestellt.

Energetica 19 (1971), H. 10, S. 490–492

DK 621.311.4–52:621.382·3

Porțeanu, M. und *Săndulescu,* M. : **Versuchsergebnisse mit Transistorisierung der Steuer- und Meldekreise in elektrischen Schaltwarten**

Nach kurzer Darstellung der technischen und baulichen Lösungen für die Versuchsanlage, werden Dauer und Umstände der Versuche und deren Ergebnisse beschrieben.

Energetica 19 (1971), H. 10, S. 493–504

DK 621.316.99:621.315

Goia, L. M. : **Anwendung natürlicher Erdschlüsse bei Hochspannungsleitungen**

Es werden Hinweise für Ermittlung des Dispersionswiderstands von Strömen im Erdreich, der Berührungs- und Schrittspannung, des Impulswiderstands und der Bedingungen thermischer Stabilität, gesondert für die Erdung von Masten aus Mittel- und aus Hochspannungsleitungen gegeben und Schlussfolgerungen über die auf angegebener Weise erzielten Ergebnisse und ihre praktische Verwendbarkeit gezogen.

Energetica 19 (1971), H. 10, S. 504–509

DK 621.3.027

Ambrozie, C. : **Genaue Berechnung der Spannungsverteilung innerhalb eines Netzes mit Kapazitäten**

Es wird eine genaue, von der Anzahl der Elemente unabhängige Beziehung für die Berechnung der Spannungsverteilung bei Ketten von Kapazitäten ermittelt. Die mit vereinfachten Formeln berechneten Ergebnisse werden mit den in der Praxis vorkommenden Werten verglichen.

Energetica 19 (1971), H. 10, S. 510–512

DK 621.316:621.317.08

Constantinescu, J. : **Diakoptika — Analyseverfahren für elektrische Netze**

Das von G. Kron in seinem Werk Diakoptika vorgeschlagene Verfahren der abschnittweisen Berechnung komplexer elektrischer Netze wird beschrieben. Die dem Verfahren zu Grunde liegenden Gleichungen werden ermittelt und einige besondere Anwendungsgebiete angegeben.

Energetica 19 (1971), H. 10, S. 513–518

DK 621.316.15 :621 316.31

Tarnavschi, Ș. : **Anwendung des Verfahrens der Verzweigung und Begrenzung bei Auslegung städtischer Netze**

Es wird ein Auswahlverfahren für Entwicklung städtischer Netze erörtert, bei dem mehrere Städte (entsprechend etwa dem Versorgungsnetz eines Bewaltungskreises) und mehrere Engstellen des Netzes (wie etwa 10 kV-Kabel) in Betracht gezogen werden.

Energetica 19. (1971), H. 9, S. 518–522

SOMMAIRE

CD 621.311.22:687.34

Oancea, L. : **Le système de production combinée chaleur/force Brazi—Ploieşti**

Energetica 19 (1971), no. 10, p. 474—478

CD 621.175.845

Popa, Th., Pop, M. et *Tardoş, G.* : **Essais sur le démarrage à chaud d'un groupe à condensation de 50 MW en vue de son fonctionnement sous régime de pointe**

L'examen théorique des conditions de chauffage au moment de l'accroissement de la vitesse et de la charge en vue d'un démarrage rapide est suivi par une discussion des résultats donnés par les essais.

Energetica 19 (1971), no. 10, p. 478—485

CD 621.165.253.5:534.1

Istrate, I. : **Considérations sur le calcul et l'interprétation des fréquences statiques et dynamiques supérieures dans les aubes des turbines**

L'auteur donne une présentation synthétique des relations pour le calcul des fréquences propres de différents ordres des aubes et propose des relations pour les aubes à section variable.

Energetica 19 (1971), no. 10, p. 486—490

CD 621.181.844.004.64

Forje, Al., Forje, I. et *Andreoiu, L.* : **Un exemple de défaut de la tubulature du surchauffeur en acier austénitique de la chaudière à 210 t/h**

Les auteurs examinent quelques cas de rupture des tuyaux d'un surchauffeur en acier austénitique et presentent des conclusions sur la composition et la résistance du métal.

Energetica 19 (1971), no. 10, p. 490—492

CD 621.311.4—52:621.382.3

Porfeanu, M. et *Săndulescu, M.* : **Réalisations expérimentales pour transistoriser les commandes et les signallisations dans les postes électriques**

Après une présentation succinte des solutions techniques et de construction des équipements servant aux essais, on indique les périodes et les endroits choisis pour les essais ainsi que les conclusions qui en résultent.

Energetica 19 (1971), no. 10, p. 493—504

CD 621.316.99:621.315

Goia, L. M. : **L'utilisation des prises à la terre naturelles pour les lignes électriques aériennes**

L'article offre des indications sur la manière d'établir, pour les prises indiquées, la résistance de dispersion des courants dans la terre, les tensions de contact et de pas, la résistance aux impulsions et les conditions de stabilité thermique, ceci séparément pour les lignes de haute et moyenne tension ; des conclusions sont tirées sur les résultats obtenus et leurs emploi pratique.

Energetica 19 (1971), no. 10, p. 504—509

CD 621.3.027

Ambrozie, C. : **Le calcul précis de la distribution de la tension le long d'un circuit à capacités**

Une relation de calcul précis de la distribution de la tension sur les chaines de capacités est établie dans cet article, indépendemment du nombre d'éléments. On compare les résultats des valeurs rencontrées dans la pratique avec ceux calculés à l'aide de formules simplifiées.

Energetica 19 (1971), no. 10, p. 510—512

CD 621.316:621.317.08

Constantinescu, J. : **La „Diakoptie" — une méthode pour l'analyse des réseaux électriques**

L'auteur présente la méthode proposée par G. Kron dans son ouvrage „Diakoptics" pour résoudre par sections les réseaux électro-énergétiques complexes. Il établit une équation fondamentale qui sert de base à cette méthode et traite quelques techniques spéciales d'application.

Energetica 19 (1971), no. 10, p. 513—518

CD 621.316.15 :621.316.31

Tarnavschi, Ş. : **Applications de la méthode „ramifications et frontières" dans la planification des réseaux urbains**

L'article indique le choix des solutions pour le développement des réseaux urbains, en donnant comme exemple plusieurs villes (correspondant, par exemple, à l'entreprise de réseaux électriques d'un district) et limites de source (un câble de 10 kV).

Energetica 19 (1971), nr. 10, p. 518—522

CONTENTS

DC 621.311.22:687.34

Oancea, L. : **Combined heat and power system Brazi — Ploieşti**

Energetica 19 (1971), no. 10, p. 474—478

DC 621.175.845

Popa, Th., Pop, M. and *Tardoş, G.* : **Hot-start tests on a 50 MW condensation set, to be operated under peak conditions**

After a theoretical examination of heating conditions at rising speed and load, to effect a quick start, the results of the tests are discussed in this paper.

Energetica 19 (1971), no. 10, p. 478—485

DC 621.165—253.5:534.1

Istrate, I. : **Some considerations on the calculation and interpretation of steady-state and transient higher frequencies of turbine blades**

This is a synthetic presenting of relations for the calculation of various blade frequencies accompanied by relations proposed by the author for variable section blades.

Energetica 19 (1971), no. 10, p. 486—490

DC 621.181.844.004.64

Forje, Al., Forje, I. and *Andreoiu, L.* : **An example of failure of the tubing used by the austenitic steel superheater of a 210 t/h boiler**

The authors examine some ruptures of the austenitic steel superheater tubing and draw their conclusions about the composition and the resistence of the metal used.

Energetica 19 (1971), no. 10, p. 490—492

DC 621.311.4—52:621.382.3

Porfeanu, M. and *Săndulescu, M.* : **Experiments with the transistorizing of substation controls**

A brief presentation of technical and building solutions given to test equipments, is followed by the mention of test periods and places as well as by the resulted conclusions.

Energetica 19 (1971), no. 10, p. 493—504

DC 621.316.99:621.315

Goia, L. M. : **The utilization of natural earthing links for overhead power lines**

Indications are given on the way to establish for the said earthings, the scattering resistance of currents in the earth, contact and step voltages, pulse resistance and thermal stability conditions, separately for medium and high voltage lines; conclusions are drawn on the results obtained and their practical application.

Energetica 19 (1971), no. 10, p. 504—509

DC 621.3.027

Ambrozie, C. : **A precise calculation of voltage distribution along a circuit equipped with capacitors**

An exact calculation relation is established for voltage distribution on capacitor chains, irrespective of the number of elements involved, and results are compared for figures calculated by means of simplified formulas for practical values.

Energetica 19 (1971), no. 10, p. 510—512

DC 621.316:621.317.08

Constantinescu, J. : **Diakoptics — an analysis method for power systems**

This is a method proposed by G. Kron in his paper „Diakoptics" aiming to find section wise solutions for complex power systems. The fundamental equation of the method is given and several special techniques of application are reviewed.

Energetica 19 (1971), no. 10, p. 513—518

DC 621.316.15 :621.316.31

Tarnavschi, Ş. : **Application of the „branching and borders" method in the planning of urban networks**

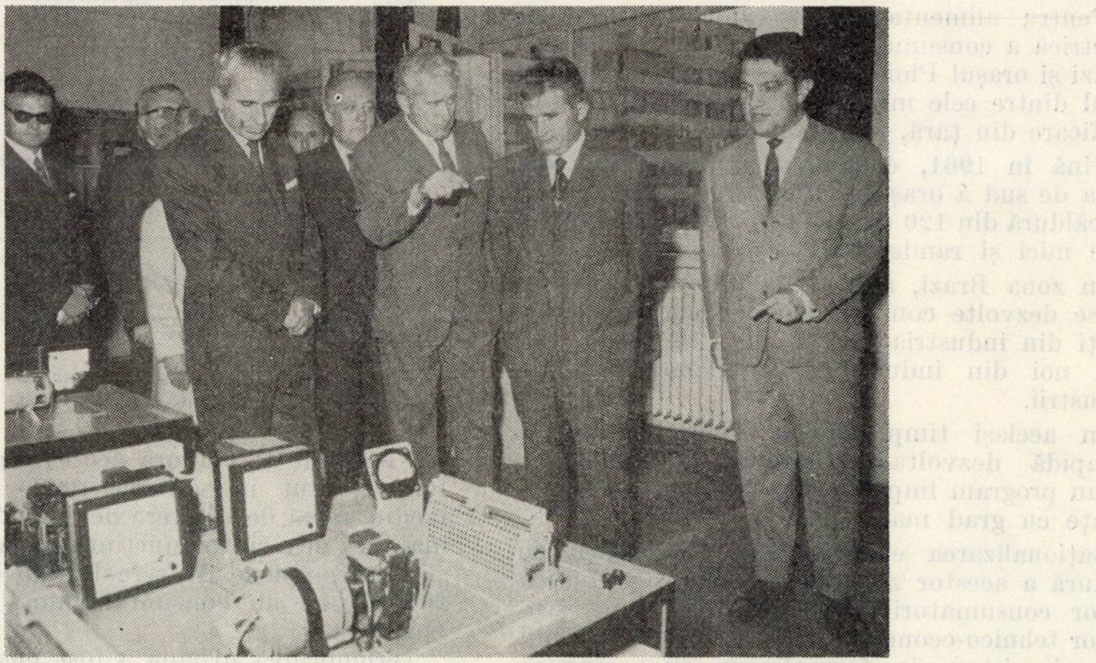
The author present solutions for the developing of urban networks by considering several cities (e.g. corresponding to those under a district power system enterprise) and supply limitations (e.g. a 10 kV cable).

Energetica, 19 (1971), nr. 10, p. 518—522

Tovarășul NICOLAE CEAUȘESCU în mijlocul viitorilor energeticieni

În ziua de 30 septembrie, tovarășul Nicolae Ceaușescu, împreună cu tovarășii Dumitru Popa, Leonte Răutu, Ștefan Voitec, Miron Constantinescu și Miu Dobrescu, a vizitat școli elementare, profesionale, licee de cultură generală și de specialitate din Capitală.

În această vizită de lucru, conducătorii de partid și de stat au fost însoțiți de Mircea Malița, ministrul învățămîntului, Dan Marțian, prim-secretar al C.C. al U.T.C., ministru pentru problemele tineretului, de cadre de conducere și specialiști din rețeaua învățămîntului și de alți activiști de partid și de stat.



Prezența secretarului general al partidului în școli de diferite profiluri, acum, la începutul noului an de învățămînt, reprezintă încă o mărturie a importanței acordate școlii și slujitorilor ei de partidul și statul nostru, a grijii permanente pentru dezvoltarea și perfecționarea învățămîntului, căruia îi revine înalta misiune de a educa tînăra generație, de a o forma pentru muncă și viață, în spiritul nobilelor idealuri ale socialismului.

Această vizită de lucru a constituit un prilej de a constata realizările dobîndite în îndeplinirea indicației privind legarea învățămîntului de viață, de producție, prin activitatea atelierelor-școală, prin transformarea întregii rețele de școli într-un adevărat amfiteatru al educației prin muncă și învățătură și de a adopta măsuri menite să o dezvolte pe planuri superioare.

Vizita conducătorilor de partid și de stat a început la Liceul industrial energetic, unde oaspeții au fost întîmpinați de ministrul energiei electrice, Octavian Groza, de cadre de conducere din M.E.E., cadre didactice și numeroși elevi, care i-au primit pe înalții oaspeți cu flori și aclamații entuziaste.

După ce directorul liceului, prof. Alexandru Moșu, a înfățișat oaspeților evoluția instituției și unele aspecte din activitatea ei, s-a trecut la vizitarea cabinetelor, laboratoarelor și atelierelor-școală. Au fost vizitate laboratoarele de fizică, chimie, de simulatoare, de electrotehnică și protecție prin relee, de mașini electrice, automatizări și măsurători electrice, de termotehnică, automatizări și măsurători termice, cabinetele de electrotehnică, centrale, stații și rețele, desen tehnic, protecția muncii, atelierele de lăcătușerie, mașini-unelte, electric și termomecanic. Toate aceste laboratoare, cabinete și ateliere au fost dotate prin investiții, dar în special prin transferuri de la întreprinderea tutelară „Energomontaj" și alte întreprinderi ale Ministerului Energiei Electrice, precum și prin autodotare.

A fost subliniată concepția modernă, unitară, de instruire a elevilor, faptul că au la dispoziție aparataj modern, similar celui aflat în exploatare curentă în întreprinderile energetice.

O atenție deosebită a fost acordată perspectivei liceului, în acest sens recomandîndu-se accelerarea construirii poligoanelor de instruire electroenergetic și termoenergetic, precum și a sălii de sport, a internatului și cantinei.

A fost apreciată preocuparea pentru realizarea, în cadrul activităților de instruire, a unor produse utile producției, făcîndu-se recomandarea de a fi reanalizat acest plan în sensul măririi lui și al diversificării nomenclatorului de produse.

S-a recomandat, de asemenea, ca și așa-zisele obiecte „clasice" să fie mai mult legate de specificul liceului; astfel, la laboratorul de chimie este necesară confecționarea unei machete funcționale a unei stații de tratare chimică a apei dintr-o centrală termoelectrică.

Un domeniu analizat în amănunțime a fost acela al educației elevilor, dîndu-se indicații deosebit de prețioase pentru împletirea armonioasă a activității educative cu cea de instruire și în special cu munca în atelierele-școală.

În final, tovarășul Nicolae Ceaușescu, apreciind realizările acestei instituții, a urat colectivului noi succese în munca nobilă de educare și formare a unor valoroase generații de energeticieni.

Această vizită a înscris un moment de o deosebită însemnătate în activitatea Liceului industrial energetic din București; aprecierile și recomandările făcute cu acest prilej constituie însă pentru toate școlile energetice din rețeaua M.E.E. un prețios ajutor și un imbold în realizarea integrală a sarcinilor ce le revin în pregătirea unor specialiști de înaltă calificare, capabili să înfăptuiască cu succes importantele obiective trasate sectorului energetic în cadrul politicii economice a partidului nostru.

Sistemul de termoficare Brazi — Ploieşti

Ing. L. Oancea*)

Datorită avantajelor tehnice, economice şi sociale, termoficarea s-a impus ca o direcţie principală de dezvoltare a energeticii româneşti, cuprinzînd cele mai importante centre industriale şi urbane din ţară.

Pentru alimentarea cu căldură şi energie electrică a consumatorilor din zona industrială Brazi şi oraşul Ploieşti, s-a conceput şi realizat unul dintre cele mai complexe sisteme de termoficare din ţară, de tip mixt.

Pînă în 1961, consumatorii industriali din zona de sud a oraşului Ploieşti erau alimentaţi cu căldură din 120 cazane de abur vechi, cu debite mici şi randamente scăzute.

În zona Brazi, situată în apropiere, urmau să se dezvolte consumatori tehnologici importanţi din industria petrolului şi să apară unităţi noi din industria petrochimică şi alte industrii.

În acelaşi timp, oraşul Ploieşti cunoştea o rapidă dezvoltare economică şi industrială, cu un program important de construcţii de locuinţe cu grad mare de concentrare.

Raţionalizarea energetică a alimentării cu căldură a acestor zone industriale şi preluarea noilor consumatori s-au făcut, în urma studiillor tehnico-economice [1], prin crearea unui puternic sistem de termoficare, cu o singură sursă — CET Brazi — amplasată lîngă consumatorul cel mai important de abur.

Iniţial dezvoltarea sistemului a avut caracter de termoficare industrială, ulterior preluînd treptat alimentarea cu căldură sub formă de apă fierbinte a 200 ha sere legumicole, la care s-a adăugat termoficarea oraşului Ploieşti şi a altor consumatori industriali cu caracter urban. Echipamentul centralei de termoficare şi parametrii ridicaţi utilizaţi, 140 at şi 570°C, au permis producerea combinată a energiei electrice şi a căldurii în condiţii deosebit de sigure şi economice.

În cele ce urmează se vor releva aspectele mai importante ale dezvoltării sistemului de termoficare Brazi-Ploieşti în cei zece ani de existenţă, urmărindu-se pe scurt şi perspectivele de dezvoltare.

Mărimea şi evoluţia sarcinii termice tehnologice şi urbane a sistemului sînt prezentate în figurile 1 şi 2 şi în tabelul 1.

Se constată că ritmul mediu anual de creştere a necesarului de abur industrial, atît orar cît şi anual, a avut valori de 15—16% pentru anii 1961—1967, după care a urmat o perioadă de relativă staţionare pînă în 1970, pentru ca în viitor consumul de abur să crească din nou, corespunzător dezvoltării unor noi industrii din zonă.

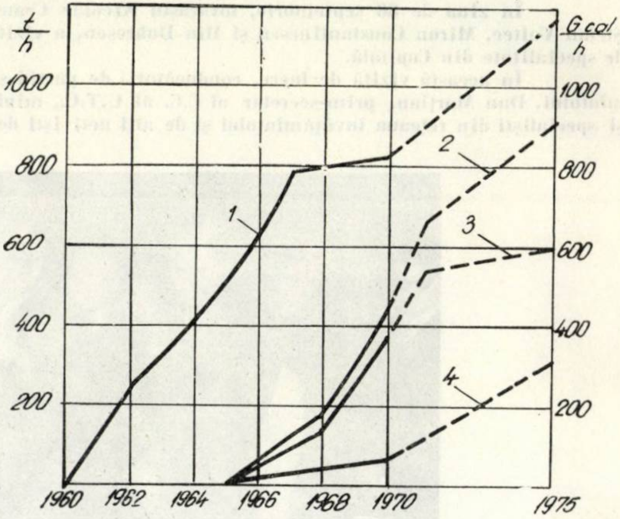


Fig. 1. Debitul maxim orar de căldură :
1 – abur total, t/h ; 2 – apă fierbinte, total, Gcal/h ; 3 – sere ; 4 – urban.

Necesarul de căldură acoperit prin apă fierbinte a avut în perioada 1966—1970 un ritm mediu anual de creştere de circa 20% datorită mai ales intrării în funcţiune, în acest interval, a unor complexe de sere legumicole însumînd 200 ha, cu un consum nominal orar de 560 Gcal/h.

Termoficarea urbană a fost pusă în funcţiune în 1968, alimentînd pentru început cartierele noi ale oraşului, urmînd ca în următorii ani să fie preluate eşalonat restul zonelor de consum cu densitate mare, precum şi necesarul de căldură tehnologică solicitată sub formă de apă fierbinte de industria Municipiului Ploieşti.

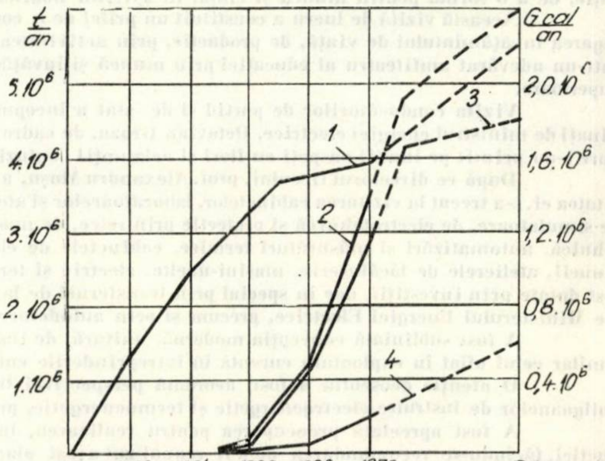


Fig. 2. Consum anual de căldură :
1 – abur, t/an ; 2 – apă fierbinte, total, Gcal/an ; 3 – sere ; 4 – urban.

---

*) Ing. Laurenţiu Oancea este director tehnic al I. E. C. Ploieşti.

Tabelul 1

Date privind căldura livrată din CET Brazi în perioada 1961–1975 *)

	Realizări					Prevederi 1975
	1962	1964	1966	1968	1970	
A. Debit maxim orar						
1. Sub formă de apă fierbinte, Gcal/h						
— total	—	—	49	165	440	900
— sere	—	—	43	132	380	600
— urban	—	—	6	33	60	300
2. Sub formă de abur, t/h						
— total	257	419	623	804	830	1 150
B. Cantităţi anuale						
1. Sub formă de apă fierbinte, Gcal/an						
— total	—	—	70 000	498 000	1 378 000	2 400 000
— sere	—	—	54 000	444 000	1 183 000	1 800 000
— urban	—	—	16 000	54 000	195 000	600 000
2. Sub formă de abur, t/h						
— total	1 330 000	2 505 000	3 270 000	3 730 000	3 900 000	5 460 000

*) Datele din tabel sînt valori înregistrate.

Faţă de prevederile iniţiale ale necesarului de căldură maxim, orar şi anual, atît sub formă de abur cît şi sub formă de apă fierbinte, au rezultat următoarele:

— necesarul de căldură maxim orar sub formă de apă fierbinte pentru serele legumicole se realizează conform datelor de proiectare, cantităţile anuale consumate fiind uneori chiar mai mari decît cele prevăzute;

— atît necesarul maxim orar cît şi cantităţile de căldură consumate anual de termoficarea urbană au fost cu 20—30% sub valorile solicitate iniţial, datorită modificării programului de construcţii, cît şi unor condiţii climatice mai blînde decît cele medii;

— necesarul de căldură acoperit sub formă de abur a fost ceva mai aproape de prevederi, fiind de semnalat diferenţe foarte mari privind cota de condensat returnat, în proporţie de numai 30—40%, faţă de 50—60% stabilit iniţial. Din această cauză, cît şi datorită impurificării condensatului returnat, a fost necesară construirea unei staţii de tratare a apei, prin demineralizare totală, cu o capacitate de 620 t/h. Ulterior capacitatea staţiei s-a extins la 900 t/h apă total demineralizată.

Pentru acoperirea consumurilor arătate în tabelul 1 a rezultat ca soluţie optimă [2] realizarea unei centrale electrice de termoficare de mare putere şi cu parametrii iniţiali ai aburului la nivelul celor mai bune realizări mondiale. În prima etapă, CET Brazi a fost echipată (fig.3) cu patru grupuri de cîte 50 MW, trei cu condensaţie şi prize reglabile şi unul cu contrapresiune, astfel alese încît să satisfacă cel mai bine nivelul parametrilor ceruţi de consumul tehnologic şi să poată acoperi o cotă importantă a consumului de încălzire.

Întrucît iniţial nu s-a avut în vedere apariţia serelor legumicole, pentru alimentarea cu căldură a acestui nou şi important consumator a fost necesară extinderea centralei cu două grupuri specializate de termoficare, de cîte 100 MW. Datorită urgenţei apărute, grupurile cu termoficare au fost devansate de cazane de apă fierbinte a cîte 100 Gcal/h, care s-au montat în CET, ca soluţie definitivă, preluînd temporar şi o parte din consumul de bază. Ulterior cazanele de apă fierbinte vor rămîne numai ca instalaţii de vîrf şi de rezervă.

Paralel cu montarea noilor grupuri de termoficare, are loc dezvoltarea centralei cu două blocuri de cîte 200 MW, de pură condensaţie, pentru a se valorifica avantajele specifice unei extinderi.

În viitor, pentru preluarea creşterilor de consum de abur, se prevede instalarea unui nou grup de termoficare industrială.

Amplasarea centralei s-a făcut în zona consumului termic industrial, în apropierea consumatorului celui mai important, alimentînd de aici cu abur celelalte industrii, precum şi întregul necesar de căldură sub formă de apă fierbinte.

De asemenea, CET alimentează şi cu energie electrică întreaga platformă industrială, direct de pe barele centralei, la tensiunea de 35 kV, dovedindu-se o alimentare sigură.

De menţionat că CET Brazi nu constituie numai sursa de energie electrică şi căldură a platformei, ci şi un important consumator de resurse energetice secundare al acesteia. Gazele de rafinărie şi gazele de petrochimie — resurse energetice secundare care apar în cursul proceselor tehnologice — sînt arse deosebit de eficient în cazanele CET, fără să diminueze economia de combustibil obţinută prin termoficare. Păcura, care constituie combustibilul de bază pentru etapa nouă şi de rezervă pentru etapa veche a centralei, este adusă prin pompare directă de la rafinăriile învecinate.

Sarcina termică tehnologică, sub formă de abur, este solicitată pe patru nivele de parametri, majoritatea livrîndu-se ca abur de 13 at şi 7 at, destins în turbine. Cantităţi mici se livrează la 35 at şi 65 at, prin instalaţii de reducere-răcire. Temperatura aburului este cuprinsă între 200 şi 300°C.

Variaţia sarcinii tehnologice în cursul unei zile este relativ redusă, ca şi diferenţa între o zi de lucru şi duminica.

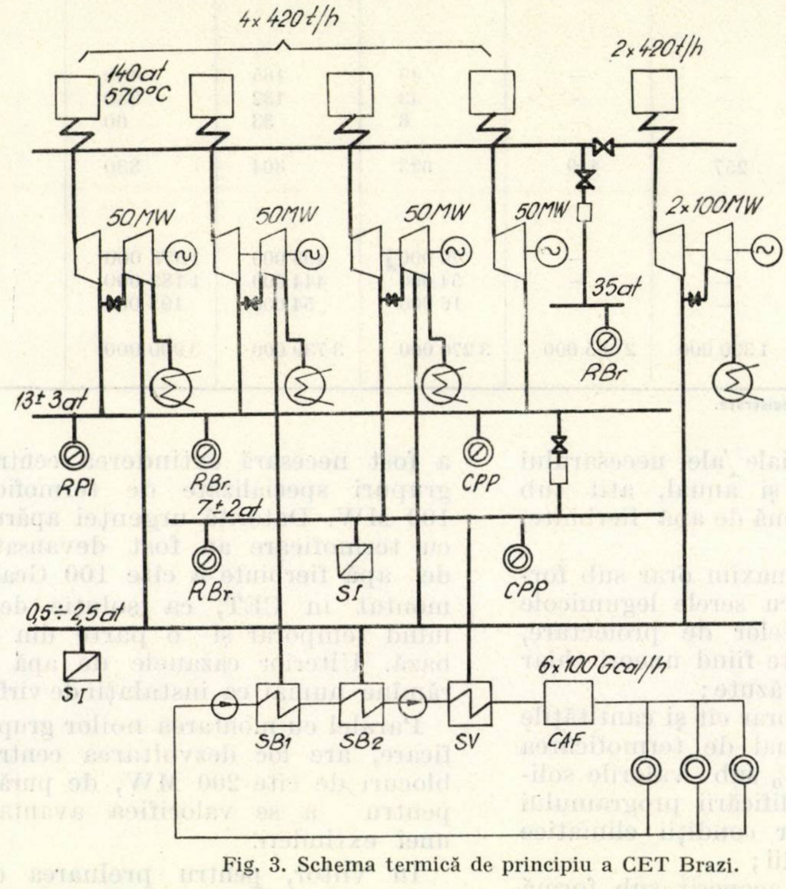

4x420t/h
140at
570°C
2x420t/h
2x675t/h
178at
540°C
50MW
50MW
50MW
50MW
2x100MW
2x200MW
35at
RBr
13±3at
RPI
RBr.
7±2at
CPP
RBr.
SI
CPP
0,5÷2,5at
SI
6x100Gcal/h
SB1
SB2
SV
CAF

Fig. 3. Schema termică de principiu a CET Brazi.

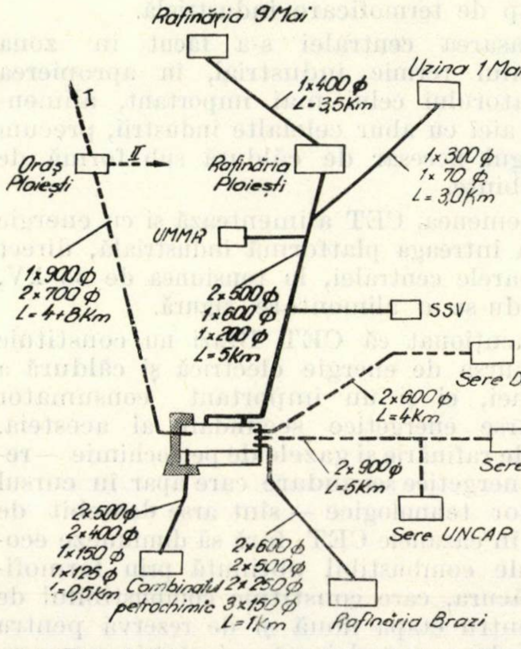

Rafinăria 9 Mai
Uzina 1 Mai
1x400ϕ
L=3,5Km
I
Oraş Ploieşti
II
Rafinăria Ploieşti
1x300ϕ
1x70ϕ
L=3,0Km
UMMR
1x900ϕ
2x700ϕ
L=4÷8Km
2x500ϕ
1x600ϕ
1x200ϕ
L=5Km
SSV
Sere DIAS I
2x600ϕ
L=4Km
Sere DIAS II
2x900ϕ
L=5Km
2x500ϕ
2x400ϕ
1x150ϕ
1x125ϕ
L=0,5Km
Sere UNCAP
Combinatul petrochimic
2x600ϕ
2x500ϕ
2x250ϕ
3x150ϕ
L=1Km
Rafinăria Brazi

Fig. 4. Schema magistralelor de termoficare: ▬▬ abur; — apă fierbinte.

Apar însă variaţii importante în cursul unui an, ajungînd pînă la 30%, explicate de faptul că tot mai multe instalaţii tehnologice din industria petrolului şi chimiei sînt amplasate în aer liber, necesarul total de căldură fiind influenţat astfel şi de temperatura exterioară. Duratele perioadei de funcţionare a sarcinii termice tehnologice au valori de 8500–8600 h/an pe fiecare nivel de presiune şi consumator, perioadele de revizii fiind reduse la minimum.

Transportul căldurii sub formă de abur la principalele centre de consum se realizează prin trei magistrale (fig. 4) principale, concepute fiecare să preia întreaga sarcină tehnologică a zonei industriale respective.

Magistralele de abur cuprind 4–9 conducte, cu diametre Dn 200 pînă la Dn 600 mm, cel puţin cîte două pentru fiecare parametru şi una sau două conducte pentru recuperarea condensatului.

Amplasarea conductelor s-a realizat suprateran, pe suporturi-cadru de joasă înălţime, cu excepţia incintelor industriale unde a fost necesară asigurarea gabaritelor de trecere. Dezvoltarea magistralelor urmăreşte în general căile de acces din zonă pentru facilitarea controlului și intervențiilor. Intersecțiile s-au realizat prin pozare subterană în canale vizitabile sau prin supratraversări, acolo unde a fost posibil. Datorită transportului masiv și la distanțe mari, o atenție deosebită s-a acordat menținerii în limite admisibile a pierderilor specifice de presiune și temperatură, calculele tehnico-economice stabilind pentru fiecare caz în parte diametrul conductelor și grosimea izolației termice. Ca material izolant s-a folosit vata minerală protejată hidrofug, cu un strat de carton asfaltat bituminizat, și mecanic, prin acoperire cu tablă galvanizată.

Trebuie remarcate în mod deosebit amploarea și distanța transportului de abur spre consumatorii din zona de sud a orașului, prin construirea, în două etape, a magistralei CET Brazi — Rafinăria Ploiești — Rafinăria 9 Mai.

Pînă la Rafinăria Ploiești, pe o distanță de 5 km, magistrala cuprinde două conducte Dn 500, o conductă Dn 600 pentru abur și o conductă Dn 200 pentru condensat, putîndu-se livra pînă la 300 t/h abur de 13 at. În etapa următoare (fig. 4) s-au racordat noi consumatori (circa 80 t/h) în aval de Rafinăria Ploiești, atingîndu-se în final o lungime totală a magistralei de circa 8,5 km.

Pentru întregul traseu și întreaga gamă a debitelor vehiculate (80—300 t/h) s-au realizat pierderi specifice de presiune și temperatură de numai 0,4—0,6 at/km și 7—10 grd/km.

Alimentarea cu căldură sub formă de apă fierbinte a consumatorilor se realizează prin intermediul a trei magistrale de termoficare, avînd regim hidraulic și termic comun, cu posibilitate de separare pe partea termică. Pentru vehicularea agentului termic, s-au instalat pompe de mare debit (3000 t/h) în două trepte de pompare, cu cuplaj hidraulic, ușor adaptabile, prin modificarea turației, la condițiile rețelei și la regimul hidraulic impus de specificul consumului.

Magistrala de termoficare, destinată consumatorilor urbani și industriali cu caracter urban din orașul Ploiești, este compusă în prima etapă din două conducte Dn 700 și alimentează partea de vest și nord, la o distanță de transport de 4 km pînă la marginea orașului și încă 8 km pînă la cel mai depărtat consumator. În continuare urmează să se monteze o nouă conductă Dn 900 între CET și oraș, rezultînd un sistem tritubular pînă la punctul de separare a magistralelor, după care se continuă cu două sisteme bitubulare : sistemul I de vest, pentru consumatorii actuali, și sistemul II — de sud, pentru consumatorii din sud, centru și est—în configurație radială.

În perspectivă, se prevede ca prin montarea conductei Dn 900 și dezvoltarea corespunzătoare a celor două magistrale să se realizeze buclarea rețelei de termoficare în zona de centru a orașului Ploiești, alimentarea consumatorilor industriali din zona de sud și a construcțiilor de locuințe pînă la utilizarea integrală a disponibilului de căldură din CET Brazi. În continuare, pentru dezvoltarea ulterioară a orașului va fi necesară apariția unor surse de căldură în zonă.

Pentru încălzire s-au adaptat atît scheme de racordare directă — cu elevator — cît și indirecte — cu schimbător de căldură —, iar pentru prepararea apei calde menajere s-a utilizat numai schema în două trepte-serie.

Magistrala de termoficare pentru prima etapă a serelor, compusă din două conducte Dn 600, alimentează 50 ha sere la o distanță de 4 km de CET, cu un debit nominal de 150 Gcal/h încă din anul 1966.

Ultimele suprafețe de sere (150 ha), intrate în funcțiune eșalonat în 1970 pe două amplasamente, sînt alimentate prin două conducte Dn 900 cu un debit nominal de 410 Gcal/h.

Datorită particularităților deosebite, specifice serelor legumicole, pentru alimentarea cu căldură în condiții bune a acestui nou consumator, s-au luat măsuri deosebite atît în sistemul de termoficare cît și în CET [3].

Rezultatele bune obținute în exploatarea sistemului de termoficare Brazi—Ploiești, în cei zece ani de existență, au demonstrat o siguranță deplină a alimentării consumatorilor de căldură și o eficiență deosebită a termoficării. Comparativ cu producerea separată a energiei electrice și a căldurii, prin utilizarea integrală a capacității CET Brazi se va obține o economie de combustibil de circa 400 000 t c.c./an, care ține seamă numai de efectul producerii energiei electrice în regim de termoficare. În figura 5 este arătată evoluția economiei de combustibil obținută prin termoficare (curba *1*), reducerea consumului specific mediu de combustibil pentru energia electrică (curba *2*) și a consumului serviciilor proprii pentru energia electrică (curba *3*).

Trebuie arătat că rezultatele de mai sus se obțin în condițiile unei disponibilități mărite a puterii electrice a CET Brazi, care pune la dispoziția sistemului energetic întreaga putere instalată și o cotă importantă a puterii adiționale. Pentru anumite debite de abur prelevate la prizele reglabile ale turbinelor, s-au obținut puteri adiționale de pînă la 40 MW pe centrală, adică 20% din puterea instalată. La comanda sistemului energetic, întreaga putere adițională poate deveni permanent disponibilă, cu diminuarea temporară a economicității.

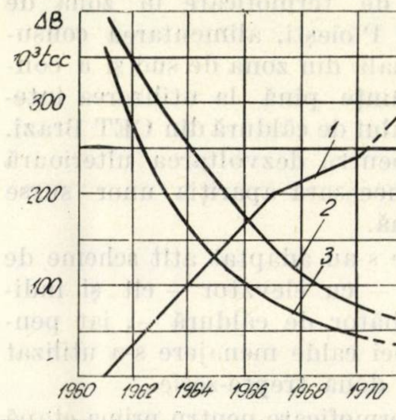


Fig. 5. Evoluția economiei de combustibil prin termoficare (*1*) și a consumurilor specifice pentru energia electrică produsă (*2*, *3*).

În concluzie, se observă că sistemul mixt de termoficare Brazi—Ploiești alimentează cu căldură mai multe zone industriale, mari suprafețe de sere legumicole și orașul Ploiești, urmînd să livreze în 1975 debite de căldură de ordinul 1100 t/h și 900 Gcal/h, realizînd și un transport masiv de abur la distanță.

CET alimentează direct cu energie electrică marii consumatori, fiind și un eficient consumator al resurselor energetice secundare ale platformei industriale Brazi. Avînd în vedere diversitatea și exigența consumatorilor, sistemul de termoficare Brazi—Ploiești s-a dezvoltat ca una dintre cele mai complexe și eficiente forme ale termoficării, constituind o importantă realizare în acest domeniu pe plan mondial.

Bibliografie

[1] Stăncescu, I. D. *Bazele tehnice și economice ale termoficării*. Editura tehnică, București, 1967.

[2] x x x *Studii și proiecte pentru sistemul de termoficare Brazi—Ploiești*. I.S.P.E.

[3] Oancea, L. *Unele aspecte privind alimentarea cu căldură prin termoficare a marilor complexe de sere legumicole*. Energetica nr. 8, 1971.

(Articol intrat în redacție la 12 mai 1971)

Experimentări privind pornirea de la cald a unui grup cu condensație de 50 MW, în vederea funcționării în regim de vîrf

Ing. Th. Popa, ing. M. Pop și ing. G. Tardoș*)

O dată cu dezvoltarea sistemului energetic național și dotarea lui cu grupuri de puteri unitare mari, grupurile cu condensație de parametri și puteri medii (20, 25, 50 MW) ajung să funcționeze din ce în ce mai mult în zona de semivîrf a curbei de sarcină. Aceasta determină variații foarte importante ale puterii debitate de aceste grupuri în cursul unei zile. S-a demonstrat [1] că modul optim de preluare a variațiilor mari de sarcină cu astfel de grupuri constă în oprirea lor în golul de sarcină și apoi repornirea cît mai rapidă.

Diagramele de pornire a acestor grupuri au fost concepute pentru durate de pornire mari, cu rezerve de timp însemnate.

Trecerea lor în noul regim de funcționare a impus:

— analizarea stării termice a blocului înaintea pornirii;

— determinarea eforturilor la care sînt supuse în timpul pornirii principalele elemente ale grupului și a rezervelor de efort; calculul timpului minim de pornire;

— realizarea unor modificări constructive;

— elaborarea unui nou mod de pornire care, fără să solicite excesiv materialul, să convină din punct de vedere economic și să se încadreze în funcționarea în regim de vîrf a grupului.

Articolul de față prezintă rezultatele unor experimentări preliminare, precum și descrierea fazelor și rezultatelor unei porniri-bloc după opriri de o noapte efectuate în luna noiembrie 1970, pe un bloc format din:

— turbină VK—50, 90 ata, 500°C, 50 MW;

— cazan pK-10-p, 230 t/h, 100 ata, 510°C.

Blocului i s-au adus, în vederea experimentărilor, următoarele modificări:

— îmbunătățirea circulației apei în spațiul salin al tamburului principal al cazanului;

— mărirea drenajelor de pe conducta principală de abur viu înaintea admisiei aburului în turbină;

— îngroșarea izolației turbinei în partea inferioară a cilindrului de înaltă și medie presiune.

Experimentările prezentate s-au efectuat de către ICENERG la CTE Paroșeni în colaborare cu întreprinderea.

1. Experimentări preliminare

Studiul pornirii unui bloc din stare caldă (după opriri de scurtă durată) pleacă de la elementele care îi caracterizează starea înaintea pornirii. Aceasta comportă determinarea în limite cît mai strînse a parametrilor aburului (presiune şi temperatură), precum şi a temperaturii metalului în punctele principale ale grupului.

---

*) Ing. Theodor Popa este director adjunct științific la ICENERG; ing. Mihai Pop și ing. Gavril Tardoș sînt ingineri la ICENERG.

Din studiul curbei de sarcină zilnică a rezultat pentru golul de noapte o durată cuprinsă între 6 şi 6 1/2 h. S-a constatat experimental că după acest interval de oprire parametrii principali devin :

- presiunea în sistemul fierbător al cazanului 50—60 ata
- temperatura metalului tamburului principal al cazanului 270—300°C
- temperatura medie a metalului supraîncălzitorului 330°C
- temperatura metalului conductei principale de abur viu 400—410°C
- temperatura carcasei turbinei în zona treptei de reglare 330—360°C

Elaborarea unui nou mod de pornire necesită cunoaşterea posibilităţilor maxime ale grupului în ceea ce priveşte ritmul de creştere a presiunii în cazan şi a temperaturii aburului supraîncălzit, precum şi ritmul de creştere admisibil a turaţiei, respectiv a sarcinii turbinei.

Evaluarea posibilităţilor maxime se face prin calcule, folosind metoda prezentată în [2] pentru cazan şi în [3] pentru conducta de abur viu şi pentru turbină. A fost însă necesară o verificare a nedepăşirii în practică a valorilor calculate pentru ritmul de creştere a parametrilor impuşi, ceea ce s-a efectuat în cursul experimentărilor de porniri preliminare. S-a constatat cu această ocazie că :

— pentru ritmul de creştere al presiunii de 1—2 ata/min rezultă încălziri ale peretelui metalic al tamburului de 1—2 grd/min şi ale metalului supraîncălzitorului de 7—9 grd/min (inferioare valorilor maxime admisibile de 5,85 grd/min la metalul tamburului şi 14,66 grd/min la metalul colectorului final al supraîncălzitorului) (fig. 1) ;

— încărcarea turbinei se poate face cu 2—2,5 MW/min fără să se depăşească un ritm de încălzire de 5—6 grd/min a metalului carcasei în zona treptei de reglare şi o diferenţă de temperatură de 90 grd între interiorul şi exteriorul flanşei turbinei (faţă de valoarea calculată de 8,42 grd/min şi 100°C, diferenţă de temperatură în flanşă indicată de firma constructoare) (fig. 2).

2. Calculul temperaturii minime a aburului la intrarea în turbină la pornire în funcţie de temperatura metalului carcasei în zona roţii de reglare după opriri de 6—6 1/2 h

Una dintre condiţiile cele mai importante ale unei porniri corecte de la cald este folosirea în întregime a căldurii acumulate în instalaţie înaintea pornirii şi evitarea unor eforturi suplimentare prin şocuri termice cauzate de diferenţe mari de temperatură între abur şi metal. De aceea temperatura aburului produs de cazan trebuie să fie astfel aleasă încît, o dată cu admisia aburului în conducta principală de abur şi în turbină, să nu se producă răcirea acestor părţi.

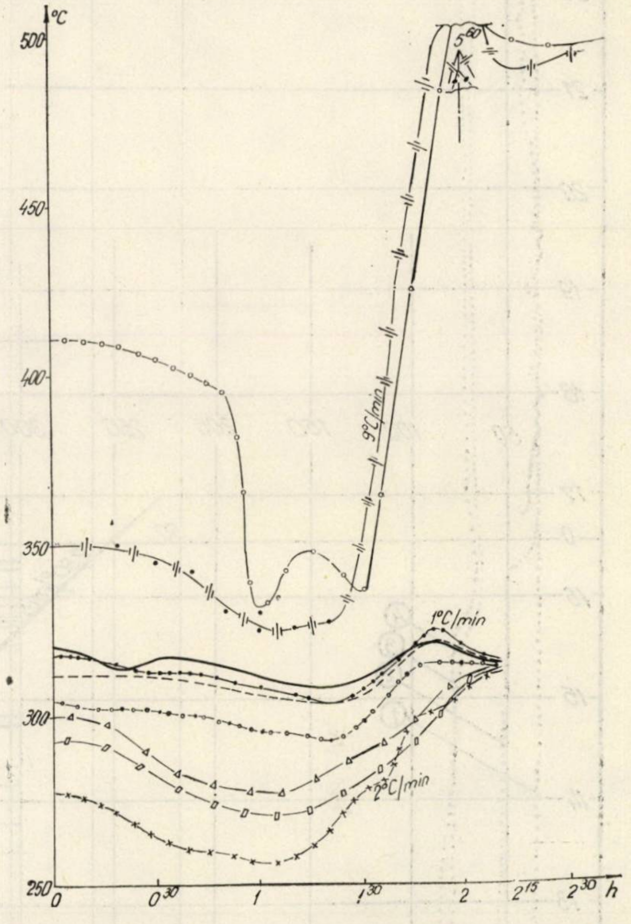


Fig. 1. Comportarea metalului tamburului principal în zona plină şi găurită, în partea de apă şi abur, a metalului supraîncălzitorului, treapta a II-a şi variaţia temperaturii aburului în cursul unei porniri accelerate a cazanului pK-10-p.

●-●-● temperatura metalului tamburului la racordul cu ţeava de supraîncălzitor ;
-○-○- temperatura exterioară a mantalei pline a tamburului în zona salină din plan orizontal ;
-×-×- temperatura metalului tamburului la racordul cu ţeava de ecran descendentă ;
—|||— temperatura medie a metalului ţevilor de supraîncălzitor treapta a II-a ;
—○— temperatura aburului în colectorul de evacuare a supraîncălzitorului treapta a II-a ;
——— temperatura mantalei metalice pline a tamburului în zona salină, partea de sus ;
– – – temperatura mantalei metalice pline a tamburului în zona curată, partea de sus (la mijlocul tamburului) ;
—△— temperatura mantalei metalice pline a tamburului în zona salină, partea de jos ;
—□— temperatura mantalei metalice pline a tamburului în zona curată, partea de jos ;
—●— temperatura aburului saturat (determinat în funcţie de presiune).

În timpul ridicării turaţiei turbinei, se produce o laminare puternică (şi deci şi o răcire) în by-passul ventilului principal, urmată de o destindere în treapta de reglare ; la ieşirea din această treaptă, temperatura aburului trebuie să fie mai mare sau cel puţin egală cu temperatura metalului carcasei în această zonă. Pentru a stabili temperatura minimă a aburului înaintea ventilului principal al turbinei, s-a admis că :

— este valabilă relaţia de variaţie liniară a presiunii cu debitul (relaţia Flügel);

— în diagrama *i-s*, curbele izobare sînt paralele în domeniul de lucru;

— laminarea aburului se face doar în by-passul ventilului principal al turbinei (ventilele de admisie fiind complet deschise pînă la circa 2900 rot/min);

— schimbul de căldură pe traseul ventil principal—ajutajul roţii de reglare este neglijabil.

Ştiind că la puterea optimă debitul de abur este $G_{opt} = 191$ t/h [5], presiunea la ieşirea din treapta de reglaj $p_r = 38$ ata şi că debitul de mers în gol este $G_0 = 8$ t/h, rezultă presiunea la intrarea şi ieşirea din treapta de reglaj pentru debitul G_0.

S-a calculat, de asemenea, randamentul intern al treptei de reglare (η_i) pentru debitul de mers în gol: $\eta_i = 0{,}344$ [4].

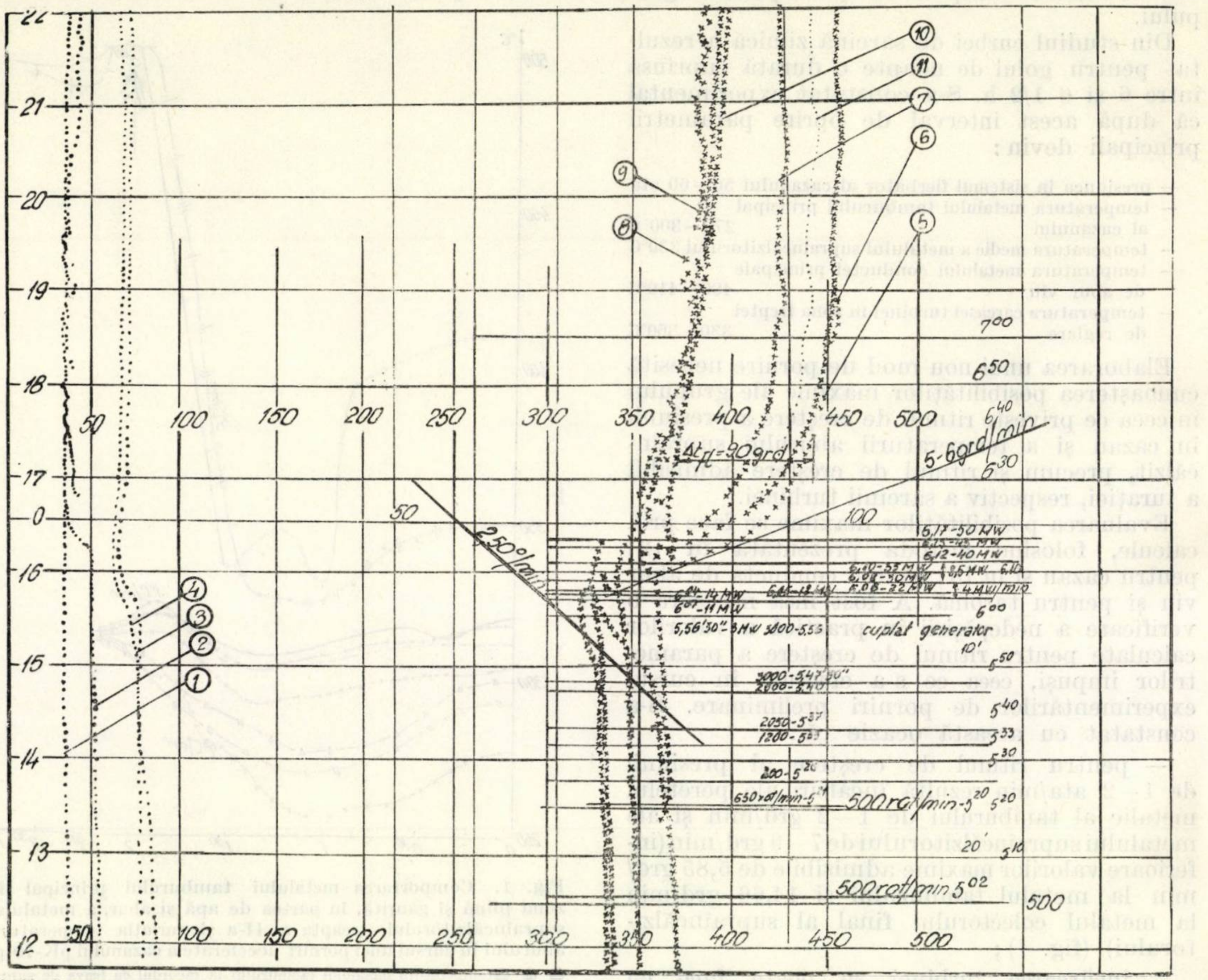


Fig. 2. Comportarea metalului turbinei VK-50 la pornirea accelerată după opriri de o noapte (ritmuri cuprinse între 2,5 şi 4 MW/min): 1 — temperatura mediului ambiant; 2 — diferenţa de temperatură între peretele exterior şi interior al flanşei la planul de separaţie al acesteia; 3 — temperatura carcasei la evacuarea aburului, în partea de sus a acesteia; 4 — temperatura carcasei la evacuarea aburului în partea de jos a acesteia; 5 — temperatura metalului la interiorul flanşei în zona treptei de reglare; 6 — temperatura metalului pe peretele exterior al carcasei în zona treptei de reglare în dreptul ventilului de reglare, care se deschide la începutul pornirii (stînga sus); 7 — temperatura metalului pe peretele exterior al carcasei în zona treptei de reglare în partea de jos; 8 — temperatura metalului pe peretele exterior al flanşei la planul de separaţie al acestuia (stînga); 9 — temperatura metalului la exteriorul carcasei în zona treptei de reglare la îmbinarea flanşei inferioare cu carcasa; 10 — temperatura metalului flanşei superioare la exteriorul acesteia în extremitatea de sus a ei; 11 — temperatura metalului pe peretele exterior al carcasei în zona treptei de reglare în partea din dreapta jos; 12 — temperatura peretelui metalic al conductei de abur viu înaintea ventilului principal al turbinei.

Cunoscînd punctul final al destinderii, presiunea iniţială, randamentul intern al treptei de reglare şi folosind diagrama *i-s*, s-a determinat temperatura aburului la admisia în turbină şi la intrarea în ventilul principal (tabelul 1).

3. Determinarea sarcinii electrice stabilizate la care temperatura aburului la ieşirea din treapta de reglare este egală cu temperatura metalului carcasei în această zonă (după opriri de 6 — 6 1/2h)

Cunoaşterea acestei sarcini electrice — sau a debitului de abur corespunzător — este de importanţă hotărîtoare asupra pornirii de la cald a turbinei. Este evident că atingerea ei în cursul pornirii trebuie să se facă foarte repede, teoretic instantaneu, pentru ca să nu se producă răcirea carcasei. Dacă timpul de oprire este relativ scurt (6—6 1/2 h), răcirea carcasei

Tabelul 1

Valorile mărimilor principale în calculul temperaturii minime a aburului la intrarea în ventilul principal, la pornire, funcție de temperatura metalului carcasei în zona treptei de reglare, după opriri de 6—6 1/2 h

Mărimea	U.M.	Simbol	Valori	
Debitul de abur	t/h	G	0	8
Temperatura carcasei în zona treptei de reglare după opriri de 6—6 1/2 h	°C	t_c	350	350
Presiunea aburului după ventilul principal	kgf/cm²	p'_0	0	3,6
Presiunea la ieșirea din treapta de reglaj	kgf/cm²	p_r	0	1,6
Căderea adiabată	kcal/kg	h_{ad}	0	71
Turația	rot/min	n	0	3 000
Temperatura minimă a aburului necesară la admisie	°C	t_{ab}	400	403
Temperatura aburului la intrarea în ventilul principal	°C	t_{ab}	410	440

Tabelul 2

Valorile mărimilor principale în calculul temperaturii aburului la ieșirea din treapta de reglare în funcție de sarcină

Mărimea	U.M.	Simbol	Valori		
Debitul de abur	t/h	G	40	60	70
Presiunea la intrarea în treapta de reglare	kgf/cm²	p_i	47	70,5	82
Presiunea la ieșirea din treapta de reglare	kgf/cm²	p_r	8	12	14
Entalpia nominală	kcal/kg	i_0	807	807	807
Căderea adiabată	kcal/kg	h_{ad}	115	116	115
Randamentul intern	%	η_i	47	47,5	47,5
Căderea reală	kcal/kg	h_r	54	55	54,5
Entalpia la ieșirea din treapta de reglare	kcal/kg	i_r	753	752	752,5
Temperatura metalului carcasei în zona treptei de reglare după 6—6 1/2 h de oprire	°C	t_c	350	350	350
Temperatura aburului la ieșirea din treapta de reglare	°C	t_r	345	350	352
Puterea electrică rezultată	MW	P_e	10	15,5	18,5

este redusă, iar „sarcina electrică stabilizată" corespunzătoare este relativ mare. De aici rezultă că timpul de pornire a turbinei se reduce foarte mult față de situația pornirii de la rece.

Pentru calculul acestei sarcini trebuie studiat mecanismul admisiei aburului în turbină în timpul încărcării. Aceasta se face prin deschiderea succesivă a ventilelor de reglaj, cu ventilul principal total deschis (unde se admite o cădere de presiune $p = 4{,}5$ ata [4]). Debitul maxim al primului ventil de admisie este $G_1 = 72{,}8$ t/h. Aplicînd relația Flügel, rezultă presiunea și entalpia în treapta de reglare pentru diferite debite. În tabelul 2 sînt trecute valorile mărimilor principale care intervin în calcule.

Verificarea experimentală a datelor obținute prin calcule s-a făcut menținînd sarcina de 15 MW, la o oprire pînă la stabilizarea temperaturilor metalului carcasei. Figura 3 ilustrează justețea rezultatului obținut.

4. Fazele pornirii-bloc de la cald

Așa cum s-a precizat la pct. 2, folosirea în întregime a căldurii acumulate în instalație înaintea pornirii de la cald este principala condiție tehnică și de economicitate a pornirii-bloc. Pe baza acestui principiu trebuie făcută corelarea manevrelor de pornire a cazanului și turbinei.

Comparînd valoarea „temperaturii minime a aburului la admisia în turbină la pornire" rezultată din calcul (pct. 2) cu temperatura metalului conductei de abur viu după opriri de 6—6 1/2 h (400—410°C), se vede că aceasta din urmă este, pentru cazul examinat, mai mare, deci temperatura aburului debitat de cazan în momentul admisiei în conducta principală a fost determinată de temperatura metalului acestei conducte. Aceasta a fost o constatare importantă întrucît încălzirea separată a conductei de abur viu nu mai este necesară în cazul dat.

Rezultă fazele unei porniri-bloc de la cald:

A — faza potrivirii parametrilor aburului debitat de cazan pentru admisia în conducta de abur viu, fază caracterizată printr-un număr mare de manevre executate asupra cazanului și printr-o solicitare termică ridicată a acestuia.

B — faza cuprinsă între admisia aburului în conducta de abur viu și atingerea sarcinii electrice „stabilizate" (pct. 3), fază caracterizată printr-un număr mare de manevre executate asupra turbinei. Esențial pentru comportarea turbinei în această fază este viteza de variație a temperaturii peretelui metalic al carcasei, care nu trebuie să depășească valorile admise calculate.

C — faza încărcării și atingerii parametrilor nominali, caracterizată printr-un număr relativ redus de manevre. Comportarea turbinei în această fază este caracterizată de diferența de temperatură în flanșă și de dilatările relative rotor-stator, care trebuie să se mențină în limite admisibile.

Prin îmbinarea corespunzătoare a manevrelor caracteristice fiecărei faze, cît și a fazelor între ele, se obțin graficele de pornire-bloc de la cald·

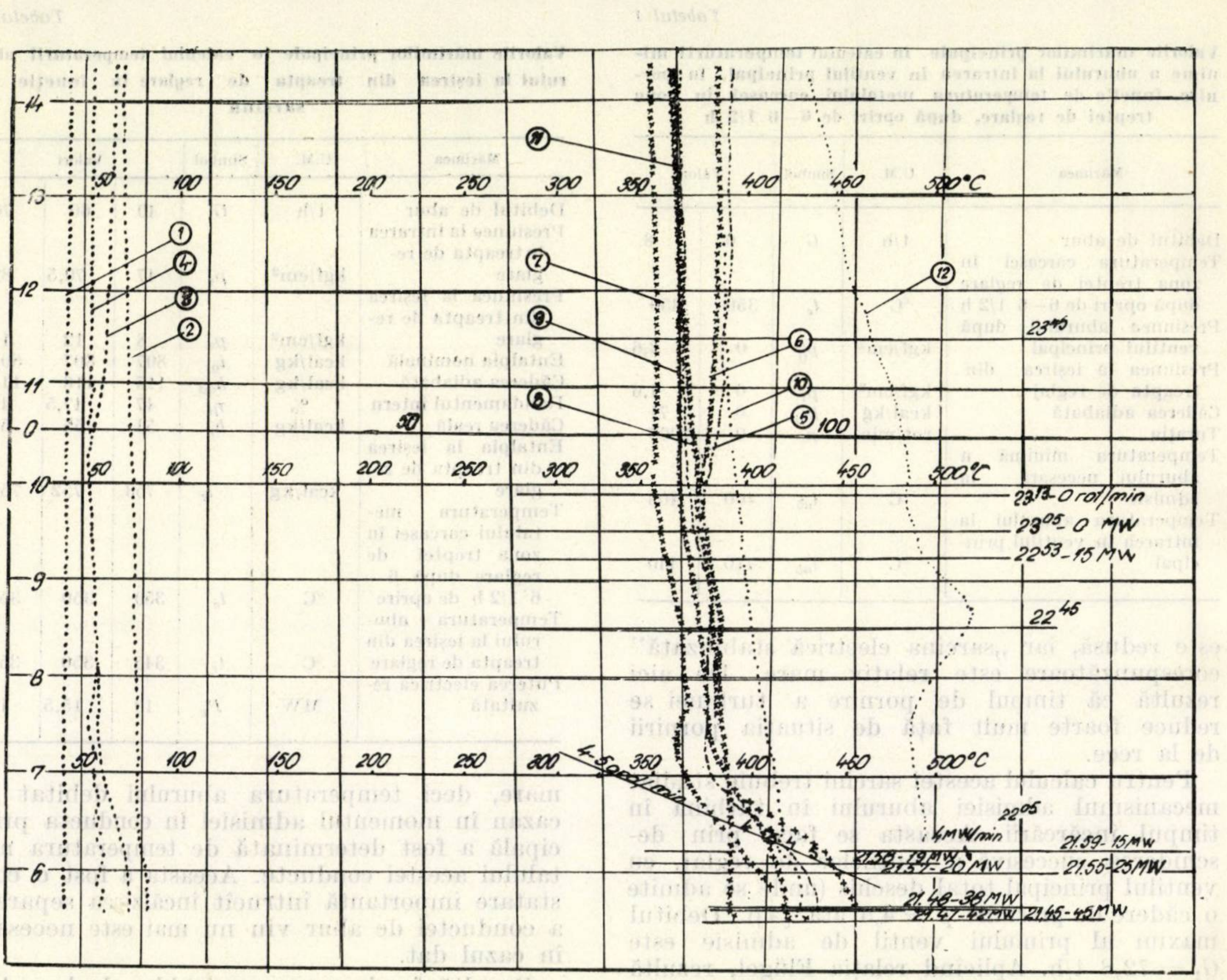


Fig. 3. Comportarea metalului turbinei VK-50 la reducerea sarcinii de la 45 la 15 MW, într-un ritm cuprins între 2 și 4 MW/min și menținerea sarcinii electrice de 15 MW timp de 1 h. (Notațiile sînt aceleași ca la fig. 2).

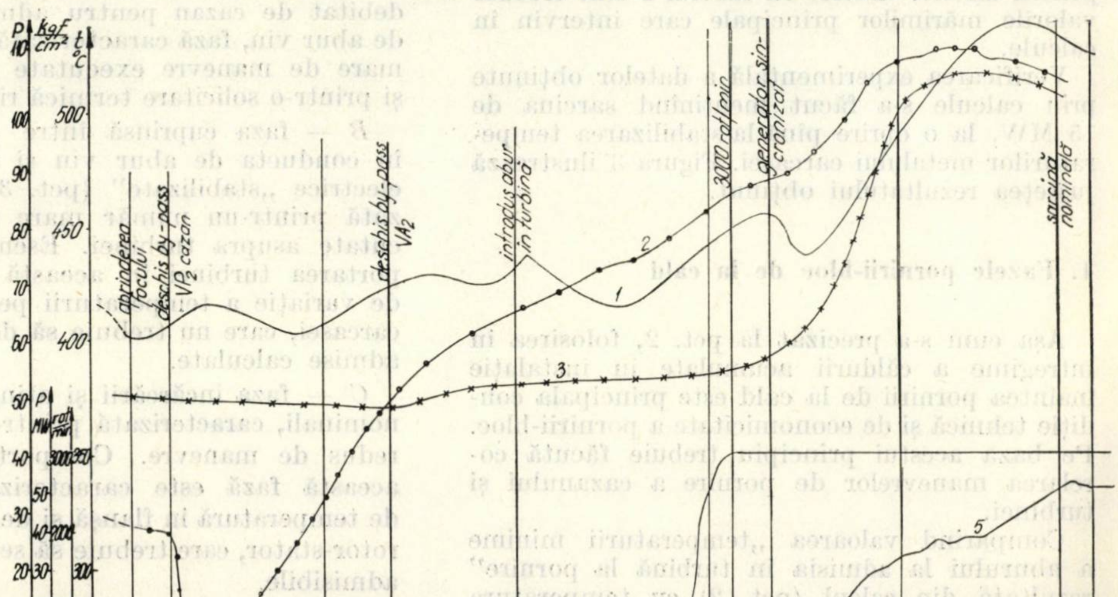


Fig. 4. Variația principalilor parametri în cursul unei porniri bloc după opriri de o noapte.

1 — presiunea aburului viu; *2* — temperatura aburului viu; *3* — temperatura conductei de abur viu înaintea admisiei în turbină; *4* — turația; *5* — sarcina.

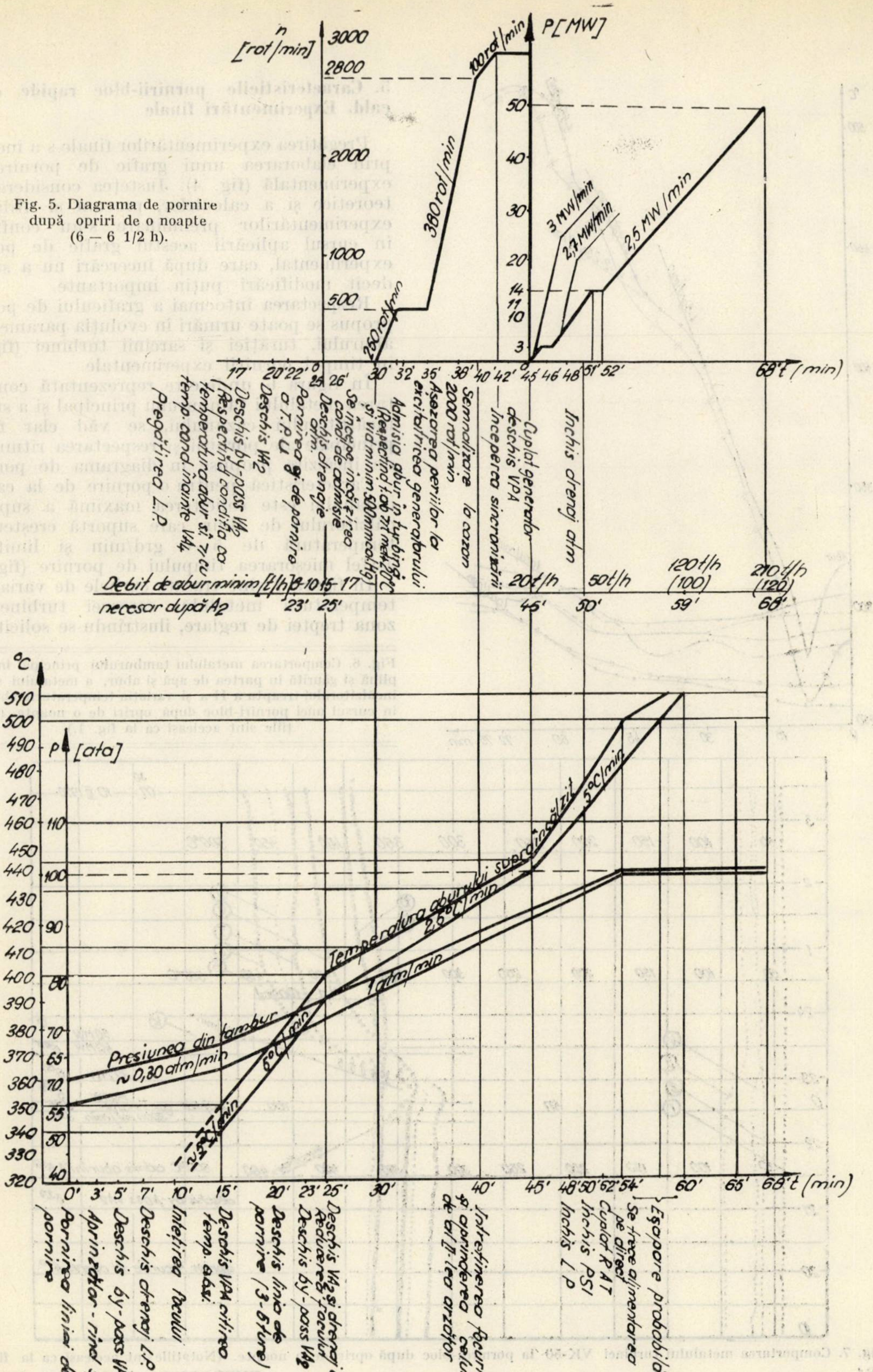
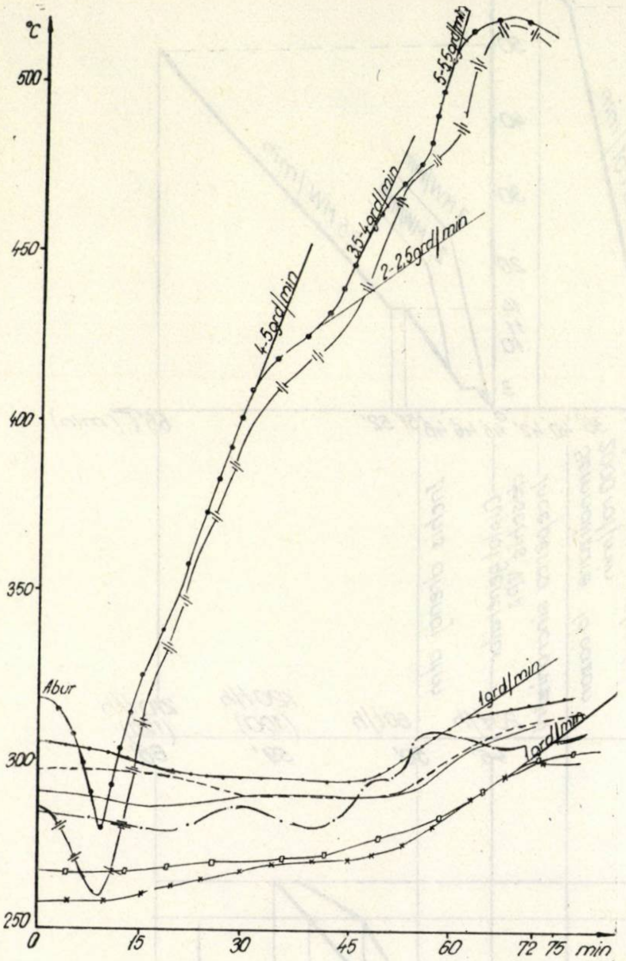


Fig. 5. Diagrama de pornire după opriri de o noapte (6 — 6 1/2 h).



5. Caracteristicile pornirii-bloc rapide de la cald. Experimentări finale

Pregătirea experimentărilor finale s-a încheiat prin elaborarea unui grafic de pornire-bloc experimentală (fig. 4). Justețea considerațiilor teoretice și a calculelor, precum și utilitatea experimentărilor preliminare s-au confirmat în cursul aplicării acestui grafic de pornire experimental, care după încercări nu a suferit decît modificări puțin importante.

Respectarea întocmai a graficului de pornire propus se poate urmări în evoluția parametrilor aburului, turației și sarcinii turbinei (fig. 5) în timpul pornirii experimentale.

În figura 6, unde este reprezentată comportarea metalului tamburului principal și a supraîncălzitorului cazanului, se văd clar fazele principale ale pornirii și respectarea ritmurilor de încălzire propuse în diagrama de pornire.

Caracteristică pentru o pornire de la cald a cazanului este solicitarea maximă a supraîncălzitorului de abur, care suportă creșteri de temperatură de 5—6 grd/min și limitează astfel micșorarea timpului de pornire (fig. 6).

În figura 7 sînt trasate curbele de variație a temperaturii metalului carcasei turbinei în zona treptei de reglare, ilustrîndu-se solicitarea

Fig. 6. Comportarea metalului tamburului principal în zona plină și găurită în partea de apă și abur, a metalului supraîncălzitorului treapta a II-a și variația temperaturii aburului în cursul unei porniri-bloc după opriri de o noapte. (Notațiile sînt aceleași ca la fig. 1.)

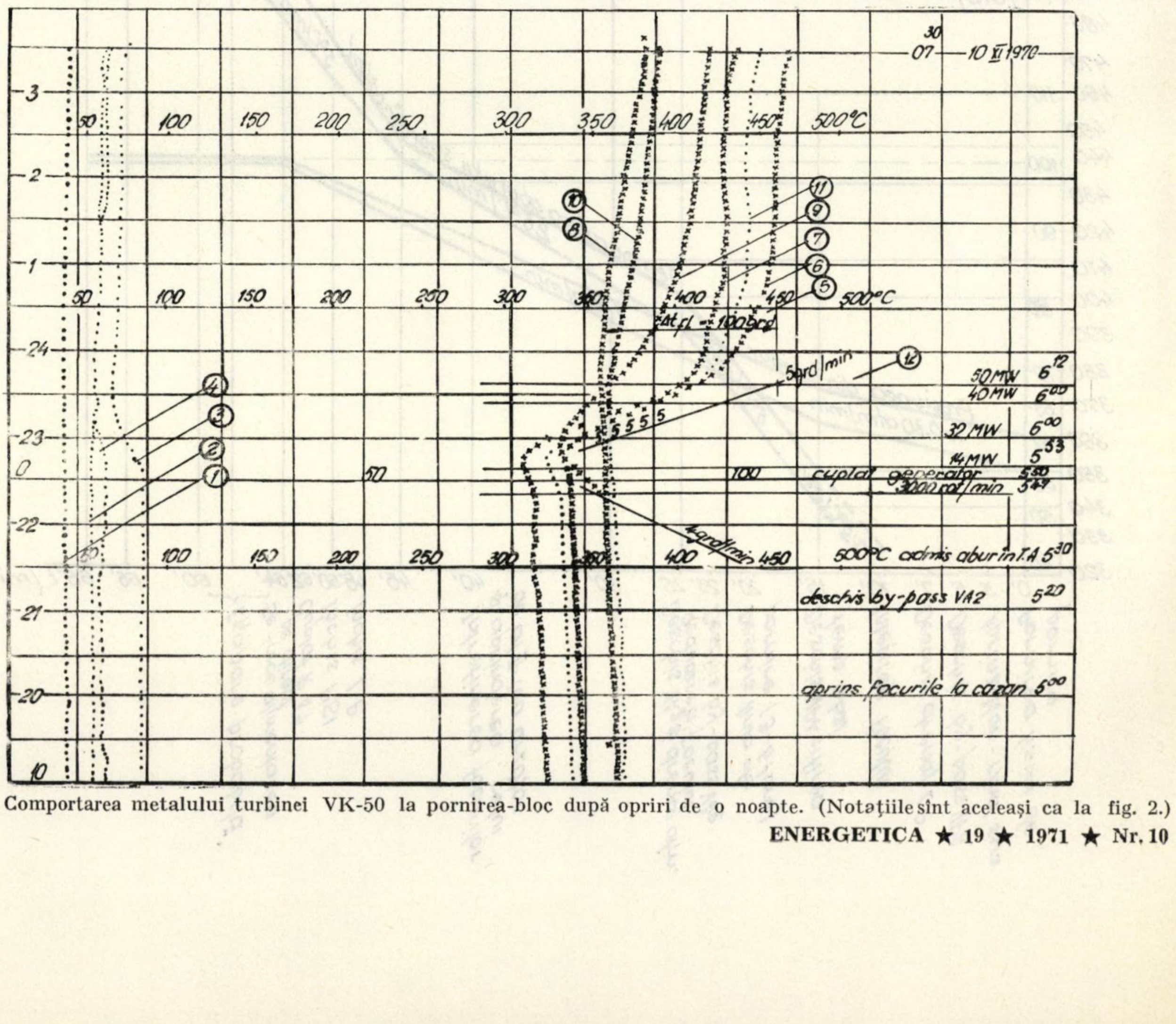


Fig. 7. Comportarea metalului turbinei VK-50 la pornirea-bloc după opriri de o noapte. (Notațiile sînt aceleași ca la fig. 2.)

mai redusă a materialului față de situația unei porniri cu parametrii nominali ai aburului.

Caracteristica importantă a pornirii-bloc rapide este numărul mare de manevre care trebuie executate într-un timp relativ scurt și la momente foarte bine stabilite.

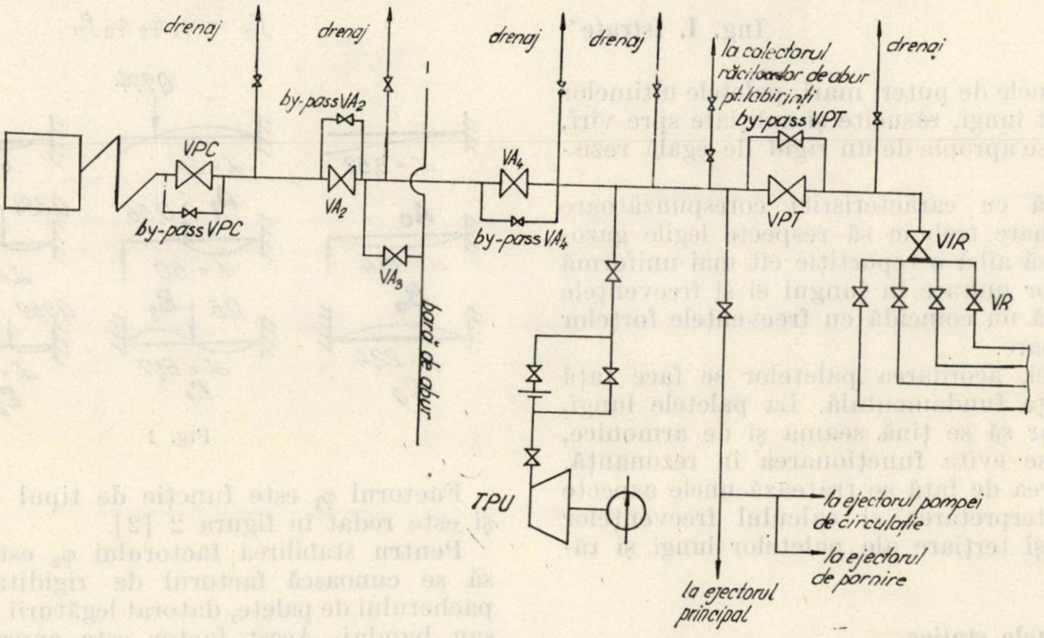


Fig. 8. Schema simplificată a legăturii pe **partea de abur** dintre cazanul pK-10-p și turbina VK-50.

Creșterea rapidă a temperaturii aburului supraîncălzit necesară în prima fază de pornire a cazanului se asigură prin alegerea și reglarea corespunzătoare a arzătoarelor de gaz din rîndul superior. Admisia aburului în conducta principală de abur viu se permite la atingerea temperaturii metalului acestei conducte.

Un punct caracteristic al pornirii experimentale a fost atingerea turației de 2000 rot/min la turbină, moment în care se măresc focurile la cazan, pregătindu-l astfel pentru debitarea aburului necesar turbinei în etapa următoare.

Atingerea sarcinii electrice „stabilizate" într-un timp foarte scurt și încărcarea turbinei se fac urmărind viteza de creștere a temperaturii metalului carcasei în zona treptei de reglare, diferența de temperatură în flanșă în același loc (fig. 7), precum și dilatările relative rotor-stator.

Pentru ușurarea urmăririi manevrelor pe baza prescurtărilor din diagrame, se dă în figura 8 schema legăturilor pe partea de abur între cazanul și turbina blocului.

Concluzii

1. Reușita experimentărilor a demonstrat buna comportare a blocului pK-10-p — VK-50 în regimul de funcționare cu opriri zilnice în golul de noapte (6—6 1/2 h) și porniri-bloc rapide.

2. Față de timpul de 140 minute indicat de firma constructoare pentru pornirea turbinei din stare caldă și 105 minute pentru aducerea cazanului la parametrii nominali, în cursul experimentărilor au fost realizați timpi de pornire între 72 și 78 minute.

3. Reducerea timpului necesar pornirii în limite acceptabile regimului de funcționare de semivîrf și aplicarea noului sistem de pornire au necesitat doar mici modificări constructive.

4. În timpul experimentărilor s-au păstrat în permanență rezerve de efort apreciabile în raport cu limitele admisibile de solicitare a punctelor slabe din instalație, ceea ce permite introducerea în practica curentă a metodei experimentate.

5. Pe baza experimentărilor s-au întocmit diagrame și instrucțiuni de pornire corespunzătoare.

Bibliografie

[1] Pop, M., Tardoș, G. și Badea, A. *Stabilirea modului economic de funcționare a grupurilor de condensație de putere medie, în timpul golurilor de sarcină.* Energetica nr. 7, 1971, p. 333—339.

[2] Gheorghiu, Șt., Pop, M. și Tardoș, G. *Viteze admisibile de încălzire la cazanele cu circulație naturală.* Energetica nr. 12, 1971.

[3] Ulrich, E. *Die Berechnung und graphische Ermittlung der zulässigen Aufheiz und Abkühl Geschwindigkeiten von Hohlzylindern unter Innendruck bei quazistationären Temperaturfeld in der Wand.* BWK 18, ian. 1966.

[4] Grecu, T. *Turbine și turbocompresoare.* Editura didactică și pedagogică, București, 1966.

[5] x x x *Instrukțiia nr. 1205 po pusku i obslujivaniu parovoi turbinî tipa VK-50-1.* Mașghiz, Moscova, 1956.

(Articol intrat în redacție la 31 martie 197)

Considerații privind calculul și interpretarea frecvențelor superioare statice și dinamice la paletele turbinelor

Ing. I. Istrate*)

La turbinele de puteri mari, paletele ultimelor rînduri sînt lungi, răsucite și subțiate spre vîrf, tinzînd să se apropie de un rigid de egală rezistență.

O paletă cu caracteristici corespunzătoare de funcționare trebuie să respecte legile gazodinamice, să aibă o repartiție cît mai uniformă a eforturilor unitare în lungul ei și frecvențele dinamice să nu coincidă cu frecvențele forțelor perturbatoare.

De obicei, acordarea paletelor se face față de frecvența fundamentală. La paletele lungi, este necesar să se țină seama și de armonice, pentru a se evita funcționarea în rezonanță.

În lucrarea de față se tratează unele aspecte privind interpretarea și calculul frecvențelor secundare și terțiare ale paletelor lungi și răsucite.

1. Frecvențele statice

Frecvențele statice teoretice se calculează cu relația (1):

$$f^t_{st} = \frac{\alpha}{2\pi l^2} \sqrt{\frac{E I_0}{\rho\, S_0}} \ [\mathrm{Hz}] \qquad (1)$$

în care

E — este modulul de elasticitate la temperatura de lucru, kgf/cm²;

I_0 — momentul de inerție la baza paletei, cm⁴;

S_0 — secțiunea la baza paletei, cm²;

ρ — masa specifică a materialului, kgs²/cm⁴;

l — lungimea activă a paletei, cm;

α — coeficient care caracterizează ordinul frecvenței paletei (fig. 1).

Litera A din figura 1 corespunde paletelor cu vîrful liber, litera B celor cu vîrful sprijinit (sîrmă de consolidare sau bandaj) și litera C paletelor dublu încastrate; această încastrare dublă este posibilă în cazul cînd forțele de întindere și de încovoiere din paletă nu pot produce deformații elastice în bandajul de consolidare.

Indicele 0 corespunde frecvenței fundamentale, iar indicii 1, 2, 3 armonicelor frecvențelor (identic cu numărul de noduri ale fibrei medii deformate).

În cazul unei palete cu secțiune variabilă, frecvența statică reală este calculată cu relația (2), unde φ_1 este factorul de corecție al încastrării, φ_2 factorul de corecție al legăturii de consolidare prin sîrme sau bandaj și φ_3 factorul de corecție al secțiunii pentru paletele cu profil variabil.

$$f^r_{st} = \varphi_1\, \varphi_2\, \varphi_3\, f^t_{st} \qquad (2)$$

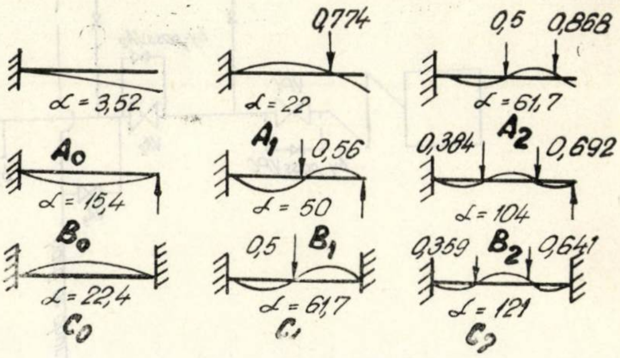


Fig. 1

Factorul φ_1 este funcție de tipul încastrării și este redat în figura 2 [2].

Pentru stabilirea factorului φ_2 este necesar să se cunoască factorul de rigiditate K_e al pachetului de palete, datorat legăturii prin sîrmă sau bandaj. Acest factor este exprimat prin relația:

$$K_e = \frac{12\,(m-1)\, H_e I_e\, l \cos^2\beta}{m\, I_b\, t_e}. \qquad (3)$$

Indicele e se va înlocui cu b (bandaj) sau s (sîrmă); m reprezintă numărul de palete din pachet; în prezent tendința este ca $m = z$ (z fiind numărul de palete pe un rînd), în scopul evitării unor vibrații în faze diferite ale paletelor de la extremitatea pachetelor; aceste vibrații conduc la creșterea solicitărilor din palete;

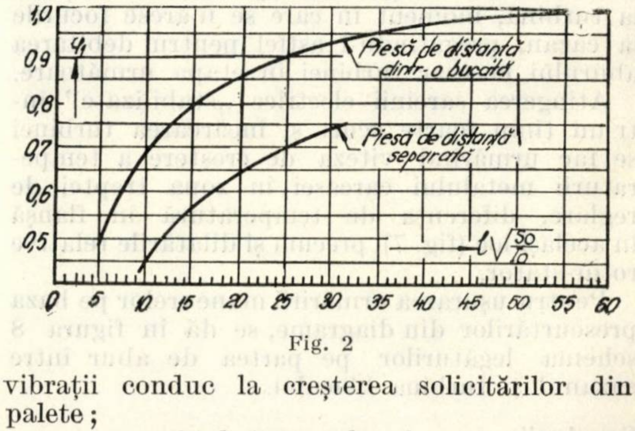


Fig. 2

β este unghiul dintre planul roții și direcția oscilației paletei;

I_e — momentul de inerție al elementului de rigidizare;

t_e — pasul dintre două palete consecutive măsurat în dreptul rigidizării;

---

*) Ing. Ion Istrate este șeful Serviciului vibrații din întreprinderea „Energoreparații".

I_b — momentul de inerţie al paletei în dreptul rigidizării;
l — lungimea activă a paletei;
H_e — coeficientul de rigiditate al legăturii, avînd valorile:
- pentru bandaje, $H_b = 0{,}1-0{,}3$;
- pentru bandaje sudate sau nituite şi lipite $H_b = 0{,}6-1$;
- pentru sîrme lipite $H_s = 0{,}3 - 1{,}4$.

Se observă că factorul φ_2 este foarte mult influenţat de calitatea lipiturii sîrmei sau a nituirii bandajului; pentru cunoaşterea cît mai exactă a frecvenţelor statice, se recomandă verificarea lor în laborator şi după montaj. În cazul cînd valorile reale ale frecvenţelor diferă prea mult de valorile teoretice, se controlează calitatea lipiturii sau a nituirii bandajului.

Factorul φ_3 este exprimat de diverse relaţii [2] cu ajutorul cărora se determină frecvenţa fundamentală tangenţială pentru paletele a căror secţiune variază liniar. Acest factor, corespunzător frecvenţelor fundamentale şi armonicilor I şi II, este exprimat şi de relaţia (4). În acest caz, abaterea de la valoarea frecvenţei reale este în jur de 2% dacă μ, μ', ν şi ν' sînt mai mici de 0,5 [6].

$$\varphi_3 = \sqrt{\frac{1 - \mu\beta - \mu'\beta'}{1 - \nu\gamma - \nu'\gamma'}} \tag{4}$$

$$\mu = 1 - \frac{I_v}{I_0} \tag{5}$$

$$\nu = 1 - \frac{S_v}{S_0} \tag{6}$$

$$\mu' = \frac{\dfrac{I_v + I_0}{2} - I_m}{I_0} \tag{7}$$

$$\nu' = \frac{\dfrac{S_v + S_0}{2} - S_m}{S_0} \tag{8}$$

Relaţiile (5) — (8) sînt funcţii ale momentului de inerţie şi secţiunii paletei. În aceste relaţii notaţiile au următoarele semnificaţii:

I_v — momentul de inerţie de la vîrf;
I_m — momentul de inerţie de la mijloc;
I_0 — momentul de inerţie de la bază;
S_v — secţiunea de la vîrf;
S_m — secţiunea de la mijloc;
S_0 — secţiunea de la bază.

Constantele β, β', γ şi γ' sînt redate în tabelul 1 [6].

La ultimele rînduri de palete ale turbinelor de puteri mari, secţiunea nu mai are o variaţie liniară; în acest caz se propune ca factorul φ_3 să se calculeze cu relaţia:

$$\varphi_3 = \left(\frac{S_0}{S_c}\right)^2 \frac{S_v^2 - 3}{S_0^2 - 3} \frac{I_v}{I_0}. \tag{9}$$

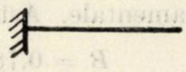
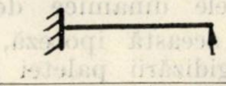
Această relaţie a fost verificată experimental pe cinci tipuri de palete cu variaţii mari de secţiuni şi de momente de inerţie; elementele geometrice ale acestora, precum şi rezultatele sînt redate în tabelul 2, în care f_{0t} este frecvenţa statică fundamentală, f_{ax} frecvenţa axială fundamentală, iar f_{1t} frecvenţa tangenţială secundară.

La paletele cu un grad de răsucire de 30—40°, frecvenţa statică fundamentală creşte cu 1%, pe cînd frecvenţa armonicii I scade cu 10—15% [1]. Dacă se analizează valorile frecvenţelor din tabelul 2 se observă că apar unele diferenţe între valorile calculate şi cele măsurate. În asemenea situaţie este indicat să se verifice şi experimental valorile frecvenţelor armonicilor, pentru a se cunoaşte în ce raport au crescut aceste armonici faţă de valoarea frecvenţei fundamentale, deoarece la unele tipuri de palete frecvenţa armonicii I scade cu mai mult de 15%; în tabelul 2 se constată că gradul de răsucire a paletelor este mai mare de 40° şi, probabil, acesta este motivul de scădere mai mult de 15% a armonicii I.

2. Interpretarea frecvenţei dinamice a armonicilor I şi II

La paletele cu frecvenţe fundamentale joase, este necesar ca paleta să nu lucreze în rezonanţă [7] faţă de frecvenţele ei superioare şi mai cu seamă faţă de frecvenţa armonicii I

Tabelul 1

Tipul frecvenţei								
	β	γ	β'	γ'	β	γ	β'	γ'
fundamentala	0,193	0,807	0,493	0,493	0,431	0,569	0,626	0,857
armonica I	0,405	0,594	0,703	0,703	0,480	0,520	0,616	0,724
armonica II	0,468	0,532	0,661	0,661	0,490	0,510	0,623	0,680

Tabelul 2

Provenienţa paletei	l_0 cm	S_o cm²	S_m cm²	S_v cm²	I_o cm_4	I_m cm⁴	I_v cm_4	f_{ot} Hz	φ_3	f_{st}^r Hz	Frecvenţa măsurată, Hz			Gradul de răsucire
											f_{ot}	f_{ax}	f_{1t}	
treapta 28 VPT 50-3	31,3	7,43	4,32	2,12	3,14	0,93	0,146	183	1,1	200	200	280	1 100	46°
treapta 29 VPT 50-3	43,2	12,08	7,7	3,88	8,62	2,7	0,49	125	1,1	138	141	200	750	44°
treapta 28 SKODA 100	57	8,7	3,5	2	4,7	0,59	0,043	62,5	1,19	74	71	120	330	52°
treapta 30 VPT 50-3	66,5	12,8	4,38	1,35	10	1,09	0,074	56	1,08	61	64	115	330	47°
treapta 6 PVK 150	78	32	13	5	55	10	0,63	60	1,1	66	68	90	360	45°

Din figura 1 se observă că frecvenţa statică teoretică a unei armonici este de $\frac{\alpha}{\alpha_0}$ ori mai mare decît frecvenţa statică fundamentală.

În timpul învîrtirii rotorului intervine forţa centrifugă, care se opune încovoierii paletei avînd un efect de rigidizare echivalînd cu mărirea momentului de inerţie al acesteia. În acest caz, frecvenţa dinamică fundamentală este exprimată de relaţia (11), în care termenul al doilea exprimă efectul de rigidizare, dat de relaţia (12) :

$$f_d = \sqrt{f_{st}^2 + f_n^2} \tag{11}$$

$$f_n = \sqrt{B\left(\frac{n}{60}\right)} \tag{12}$$

Analizînd relaţia (12) se observă că sporul de frecvenţă este direct proporţional cu rădăcina pătrată a factorului de rigidizare B. Acest efect de rigidizare trebuie să fie funcţie de alura fibrei medii deformate.

Frecvenţa statică de ordin superior este caracterizată de numărul de puncte nodale ale fibrei medii deformate.

Creşterea frecvenţei statice de la o frecvenţă la alta are ca efect modificarea alurii şi poziţiei fibrei medii deformate (fig. 1).

În cazul determinării frecvenţei dinamice fundamentale, s-a presupus că forma statică a alurii fibrei medii deformate se păstrează şi în timpul învîrtirii rotorului [2], [3]. Se consideră că această condiţie este satisfăcută şi la frecvenţele dinamice de ordin superior.

Faţă de această ipoteză, se presupune că creşterea rigidizării paletei se află în acelaşi raport cu creşterea frecvenţei statice superioare faţă de frecvenţa statică fundamentală. Astfel, frecvenţele statice superioare cresc în raportul $\frac{\alpha}{\alpha_0}$, iar creşterea de frecvenţă, datorită rigidizării paletei, trebuie să fie $\sqrt{\frac{\alpha}{\alpha_0}}$ deoarece în cazul frecvenţei fundamentale f_n creşte cu $\sqrt{B}$. În felul acesta relaţia (12) ia forma din relaţia (13), iar frecvenţele superioare dinamice teoretice se calculează cu relaţia (14)

$$f_n = \sqrt{\frac{\alpha}{\alpha_0} B\left(\frac{n}{60}\right)} \tag{13}$$

$$f_d^2 = f_{st}^2 + \frac{\alpha}{\alpha_0} B\left(\frac{n}{60}\right)^2 \tag{14}$$

în care

f_{st} este frecvenţa statică de ordin superior;
B — factorul de rigidizare corespunzător frecvenţei fundamentale;
α_0 — factorul corespunzător calculării frecvenţei statice fundamentale;
α — factorul corespunzător calculării frecvenţei statice de ordin superior.

Gradul de răsucire a paletei conduce la o scădere a frecvenţei de ordinul 1 cu 10—15%. Întrucît s-a considerat că în timpul învîrtirii rotorului fibra medie deformată îşi păstrează alura, înseamnă că factorul de rigidizare B_1, calculat pentru frecvenţa de ordinul I, va fi exprimat de relaţia (15), considerîndu-se o scădere medie a frecvenţei de 12%.

$$B_1 = 0{,}88 \frac{\alpha_1}{\alpha_0} B. \tag{15}$$

Pentru exemplificare, s-a calculat factorul de rigidizare B_1 utilizîndu-se relaţia (16), indicată de LMZ pentru calculul frecvenţei fundamentale. Astfel, relaţia (15) ia forma (17).

$$B = 0{,}7855 \frac{D}{l} + 0{,}4079 - \cos^2 \beta \tag{16}$$

$$B_1 = 0{,}88 \frac{22}{3{,}52} \times 0{,}7855 \frac{D}{l} + 0{,}88 \frac{22}{3{,}52} \times$$
$$\times 0{,}4079 - \cos^2 \beta$$

$$B_1 = 4{,}32 \frac{D}{l} + 2{,}24 - \cos^2 \beta \tag{17}$$

Tabelul 3

Factor de rigidizare		Relaţii utilizate de LMZ	Relaţii stabilite de autor cu ajutorul relaţiei (15)
frecvenţa_fundamentală		$B = 0{,}7855 \frac{D}{l} + 0{,}4079 - \cos^2\beta$	$B = 0{,}7855 \frac{D}{l} + 0{,}4079 - \cos^2\beta$
armonica I		$B_1 = 4{,}325 \frac{D}{l} + 2{,}155 - \cos^2\beta$	$B_1 = 4{,}32 \frac{D}{l} + 2{,}24 - \cos^2\beta$
armonica II		$B_2 = 12{,}6 \frac{D}{l} + 6{,}5 - \cos^2\beta$	$B_2 = 12{,}11 \frac{D}{l} + 6{,}29 - \cos^2\beta$
abatere, %	B_1	–	0,06 %
	B_2	–	1,43 %

În tabelul 3 sînt redate relaţiile factorului de rigidizare, stabilite pentru armonicile I şi II şi comparate cu relaţiile utilizate de LMZ. Pentru calculul factorului de rigidizare al armonicii a II-a s-a considerat că frecvenţa terţiară se micşorează tot cu 12%, rezultînd relaţia:

$$B_2 = 12{,}11 \frac{D}{l} + 6{,}29 - \cos^2\beta \tag{18}$$

În lucrarea [8] au fost analizate cele mai uzuale relaţii de calcul pentru factorul de rigidizare B, corespunzător frecvenţei dinamice fundamentale. Din analiza comparativă a acestor relaţii, se recomandă ca pentru paletele cu profil variabil să se calculeze factorul de rigidizare cu relaţia:

$$B = 0{,}7 \frac{D}{l} + 3{,}5 \frac{l}{D}. \tag{19}$$

În această relaţie s-a neglijat termenul $\cos^2\beta$, pentru că influenţa gradului de răsucire [1] conduce la creşterea frecvenţei fundamentale numai cu 1%. Pentru cazul frecvenţelor de ordin superior, acest termen trebuie introdus. Astfel, pentru calculul factorului de rigidizare la palete cu profil variabil corespunzător armonicilor I şi II, s-a utilizat relaţia (19), rezultînd relaţiile (20) şi (21), cu care se pot calcula frecvenţele dinamice ale acestor armonici:

$$B_1 = 3{,}95 \frac{D}{l} + 19{,}3 \frac{l}{D} - \cos^2\beta \tag{20}$$

$$B_2 = 10{,}79 \frac{D}{l} + 54{,}5 \frac{l}{D} - \cos^2\beta \tag{21}$$

După cum se constată din tabelul 2, frecvenţele secundare scad cu mai mult de 15% la unele palete; în acest sens, este mai recomandabil să se verifice şi experimental frecvenţele statice fundamentale şi superioare şi cu raportul lor se va amplifica relaţia (19), obţinîndu-se relaţiile (22) şi (23), care pot fi considerate mai exacte.

$$B_1 = 0{,}7 \frac{f_1}{f_0} \frac{D}{l} + 3{,}5 \frac{f_1}{f_0} \frac{l}{D} \tag{22}$$

$$B_2 = 0{,}7 \frac{f_2}{f_0} \frac{D}{l} + 3{,}5 \frac{f_2}{f_0} \frac{l}{D} \tag{23}$$

Concluzii

Lucrarea prezintă o nouă relaţie de calcul al coeficientului φ_3 pentru determinarea frecvenţelor statice fundamentale ale paletelor cu secţiune variabilă neliniară.

Frecvenţele paletelor determinate cu relaţia (9) au fost verificate în laborator, obţinîndu-se valori destul de apropiate faţă de valorile reale, deşi pe lungimea paletei momentul de inerţie şi secţiunea au variaţii foarte mari (tabelul 2).

De asemenea, prin ipoteza admisă că alura fibrei medii deformate, corespunzătoare frecvenţelor statice fundamentale superioare, se păstrează şi în timpul rotirii paletei, s-au stabilit relaţiile (20) şi (21), necesare calculului frecvenţelor dinamice secundare şi terţiare.

În scopul justificării ipotezei că, în timpul rotirii paletei factorul de rigidizare corespunzător frecvenţei fundamentale trebuie să fie amplificat cu raportul dintre frecvenţa superioară şi cea fundamentală, s-au făcut calculele din tabelul 3. Aceste calcule sînt comparate cu relaţiile utilizate de LMZ, rezultînd abateri neglijabile.

Faţă de relaţiile de calcul utilizate de LMZ, ipotezele admise în lucrarea de faţă îşi au justificarea. Totuşi, probele experimentale pe palete în mişcare de rotaţie ar fi mai concludente.

Bibliografie

[1] Ponomariov, S. D. ş. a. *Calculul de rezistenţă în construcţia de maşini*, vol. III. Editura tehnică, Bucureşti, 1964.

[2] Grecu, T. *Turbine şi turbocompresoare*, vol. II. Editura tehnică, Bucureşti, 1964.

[3] Levin, A. V. *Paletele şi discurile turbinelor cu abur*. Moscova, 1953.

[4] Novacki, W. *Dinamica sistemelor elastice.* Editura tehnică, 1969 (traducere din limba polonă).

[5] x x x *Proiect LMZ VPT-50-3.*

[6] x x x *Proiect Rateau 330 MW.*

[7] Istrate, I. *Unele considerații privind calculul la oboseală a paletelor de turbină.* Energetica nr. 2, 1971, p. 89—95.

[8] Istrate, I. *Considerații asupra modului de determinare și interpretare a frecvențelor dinamice la paletele de turbină.* Energetica nr. 6, 1970, p. 244—249.

(Articol intrat în redacție la 30 ianuarie 1971)

Examinarea unei avarii la materialul tubular al supraîncălzitorului din oțel austenitic al unui cazan de 210 t/h

Ing. Al. Forje, ing. I. Forje, ing. L. Andreoiu*)

Ridicarea parametrilor de funcționare a agregatelor energetice puternic solicitate termic și mecanic, în scopul măririi randamentului acestora, impune utilizarea unor oțeluri înalt aliate care să reziste timp îndelungat la temperaturile de regim și să aibă totodată proprietăți anticorosive superioare. Astfel, în partea finală a supraîncălzitoarelor, care lucrează la temperaturi mai mari de 550°C și presiuni înalte (140 ata), se utilizează țevi din oțel austenitic cehoslovac de tip 17143 (CET Grozăvești, CET Craiova, CTE Luduș, CET Oradea etc.), avînd caracteristicile (date de furnizor) prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1

Compoziția chimică, %							
C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	V
0,06—0,09	17,06—19,00	0,42—0,71	0,016—0,023	0,015—0,019	7,60—8,19	0,60—0,63	0,57—0,66

Proprietăți mecanice		
Rezistența la curgere, $R_{0,2}$ kgf/mm²	Rezistența la rupere, R, kgf/mm²	Alungirea, A_5, %
32,9—43,8	70,0—88,5	32,0—67,0

În exploatare, acest oțel nu a corespuns întrutotul cerințelor. S-au produs numeroase avarii prin plesnirea unor țevi la supraîncălzitoarele-paravane. Astfel, în 1966, la CET Craiova au fost înregistrate 30 de avarii, iar în anul 1970, la CET Grozăvești, într-un interval de timp destul de scurt, au fost înregistrate 11 avarii.

Examinare experimentală

Pentru cercetarea cauzelor acestor avarii au fost examinate o serie de probe de la țevile cazanului nr. 2 de tip IBZKG—210 t/h CSR de la CET Grozăvești, la care s-au produs 15 spargeri. Supraîncălzitorul funcționează, din anul 1965, la următorii parametrii: temperatura 530—570°C; presiunea 140 ata. S-au prelevat probe din țevi de rezervă, din țevi neavariate aflate în exploatare și dintr-o țeavă avariată.

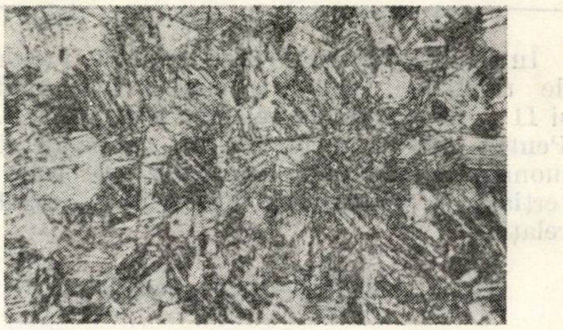


Fig. 1

Analiza microscopică a probelor din țevile de rezervă a pus în evidență o structură austenitică cu cristale neomogene, maclate și ace de faza epsilon (fig. 1). Marginea exterioară prezintă o structură cu granulație fină pe o adîncime de 2,5—5 μ, iar trecerea la structura de bază apare destul de evident (fig. 2).

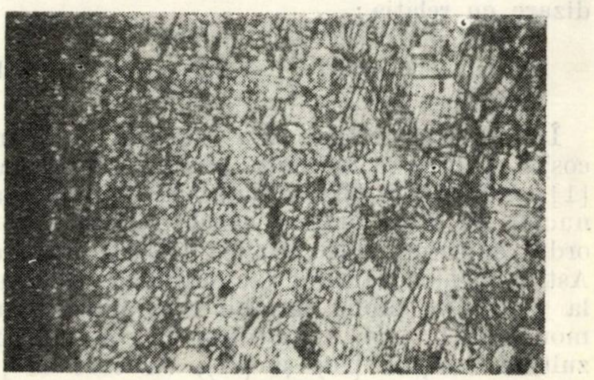


Fig. 2

De asemenea, probele prezintă o microduritate destul de mare, de circa 300 HB, iar caracteristicile mecanice sînt (la 570°C) prezentate în tabelul 2.

Tabelul 2

Rezistența la curgere, $R_{0,2}$ kgf/mm²	Rezistența de rupere, R, kgf/mm²	Alungirea A_5, %	Stricțiunea Z, %
32,0—49,0	59,0—63,0	19,0—22,0	47,0—49,0

---

*) Ing. Alexandru Forje este cercetător științific principal la ICENERG; Iulia Forje este inginer la întreprinderea „Energomontaj"; Liana Andreoiu este inginer la ICENERG.

Examinarea probelor din țevile neavariate demonstrează efectul regimului termic în care au lucrat. Ele prezintă structuri austenitice cu cristale mari conturate (fig. 3). Se observă tendința de formare de cristale mari înconjurate de o rețea de cristale mai mici. Acest lucru ar mai presupune că oțelul desemnat să lucreze la temperaturi de 600°C are domeniul de creștere a cristalului austenitic plasat în acest interval.

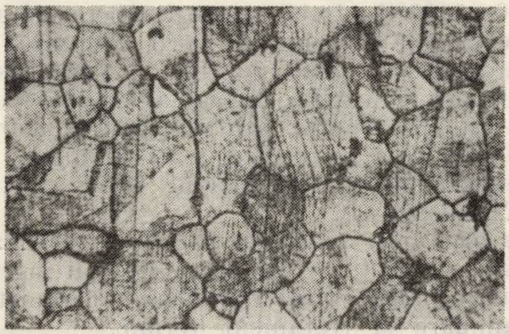


Fig. 3

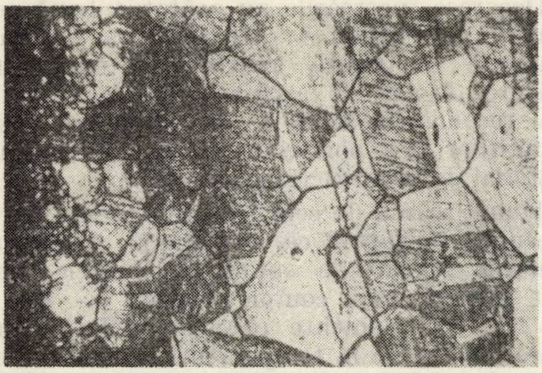


Fig. 4

La exteriorul probelor, pe o adîncime de 2,5 μ se observă cristale fine de granulație 8 (fig. 4), trecîndu-se apoi la structura de bază : austenită ușor maclată.

Din încercările mecanice au rezultat, pentru mărimile corespunzătoare, valori certificate de furnizor, dar cu variații mari, după cum se poate observa din tabelul 3.

Tabelul 3

Nr. cr .	Țeavă ∅ 32 × 4 mm la 20°C				
	$R_{0,2}$kgf/mm^2	R, kgf/mm^2	A_{10}, %	Z%	Unghiul de îndoire
1	26,6	49,9	12,0	13,0	90
2	36,8	72,8	19,0	29,0	40
3	63,0	65,0	21,0	28,0	84
4	26,0	42,0	13,0	22,0	60
5	29,0	31,0	17,0	28,0	50
6	32,0	64.0	21,0	29,0	20
7	45,0	69,0	26,0	32,0	15
8	61,0	76,0	29,0	36,0	110
9	64,0	79,0	32,0	38,0	25
10	69,0	76,0	34,0	39,0	40

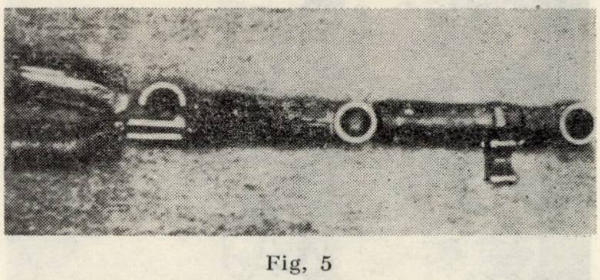
Încercările mecanice la 570°C arată o bună comportare a oțelului la această temperatură; datele obținute sînt redate în tabelul 4.

Tabelul 4

Nr. crt	Țeavă ∅ 32 × 4 mm la 570C			
	$R_{0,2}$kgf/mm^2	R,kgf/mm^2	A_{10},%	Z. %
1	33,0	61.0	13,6	40,0
2	43,0	59,0	16,8	42,0
3	39,0	58,0	17,0	41,0
4	32.0	59,0	13,0	34,0
5	29,0	47,0	12,0	31,0

Au fost examinate probe și dintr-o țeavă spartă (fig. 5). Ea prezintă o rupere intercristalină, longitudinală, pe o structură austenitică cu granulație mare, cu duritatea de 438 kgf/mm^2. Se remarcă direcții de orientare în structură cu noduri, cu cristale de granulație evident mai mică (fig. 6).

Microfotografiile executate pe secțiuni transversale și longitudinale prezintă o stratificare foarte evidentă a structurii, cu variații mari de microdurități. La marginea interioară apare o zonă foarte dură (400–500 kgf/mm^2), formată din cristale de mărimi egale, urmată spre interior de o zonă îngustă ușor decarburată și de o zonă mai dură, apoi o trecere destul de bruscă la structura materialului de bază (fig. 7 și 8).



Fig, 5

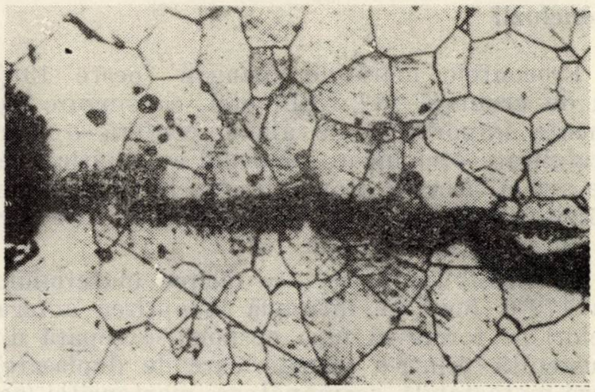


Fig. 6

Această stratificare de zone de microdurități, variabilă în secțiune, de la interior spre exterior, pe circa 1/2—2/3 din grosimea piesei, se datorează în primul rînd condiţiilor de laminare a ţevii şi este accentuată de defectele structurale ale oţelului însuşi şi de producerea

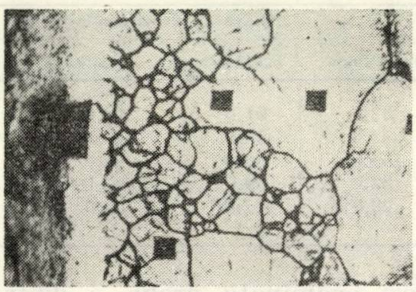


Fig. 7

şi concentrarea tensiunilor în urma sudurilor. În timpul exploatării, sub acţiunea solicitărilor termomecanice provocate de gradientul de temperatură, materialul ţevilor oboseşte, putîndu-se produce ruperi într-o regiune de concentraţii maxime de tensiuni.

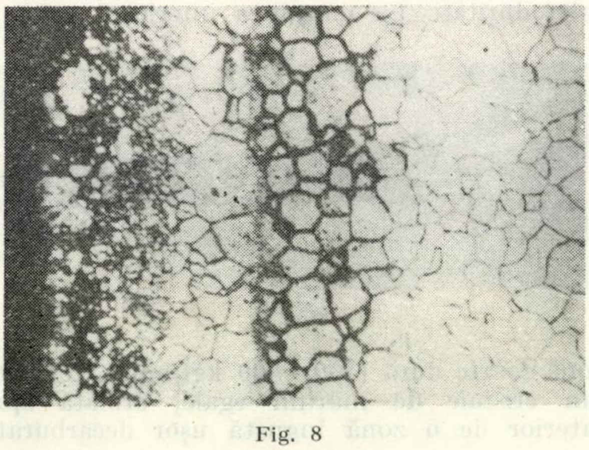


Fig. 8

Concluzii

Procentele mari de mangan (peste 13%) şi de crom (7—8%) din oţel, ca singure elemente importante de aliere, conferă o mare stabilitate oţelului în domeniul austenitic, ceea ce s-a şi urmărit prin folosirea lui la supraîncălzitorul final, unde temperaturile exterioară şi interioară ating 600—575°C.

La acest tip de oţel, la răcirea materialului la 170°C (cum se întîmplă la oprirea agregatelor) se formează faza epsilon (se separă din austenită printr-o transformare de deplasare), fază metastabilă, asemănătoare martensitei (ace în cristalul de austenită), caracteristică oţelurilor cu peste 13% Mn. Faza epsilon, care la temperatură obişnuită este o fază foarte stabilă, prin încălzirea materialului trece în austenită cu variaţii de energie internă.

O atenţie deosebită trebuie acordată respectării temperaturilor de laminare a ţevii (1000—1100°C). Dacă aceste temperaturi nu se respectă ţeava rezultată va fi ecruisată, tensionată. Dacă oţelul conţine şi faza epsilon, orice mică defecţiune iniţial admisibilă devine în acest caz amorsă pentru obosirea materialului şi ruperea se produce masiv, mai ales cînd granulaţia este mare (cazul ţevii sparte la CET Grozăveşti).

Ca urmare a analizelor făcute, se recomandă pentru acest oţel o elaborare cît mai îngrijită, precum şi respectarea riguroasă a parametrilor la laminare şi tratament termic.

De asemenea, variaţiile mari de structură (de microdurităţi) în secţiunea conductei, de la interior spre exterior, impun, pentru mărirea siguranţei în exploatare, ca ţevile să fie elaborate cu pereţi mai groşi decît în prezent (cu 1—1,75 mm).

Deoarece încercările au arătat o bună comportare a oţelului la temperatura de lucru, amorsele de fisură apărînd la temperaturi scăzute (legate de apariţia fazei epsilon), se mai recomandă limitarea la maximum posibil a opririlor şi a pornirilor agregatelor ce au ca material de construcţie acest oţel.

Ţinînd seama de cele arătate în acest articol, precum şi de faptul că, în general, în alte ţări oţelurile folosite la supraîncălzitoarele finale sînt oţeluri mai complex aliate — cu Ni, V, Nb, Ti, elemente care le conferă o mai mare stabilitate la temperaturi ridicate — este bine să se utilizeze ţevi din aceste materiale.

Bibliografie

[1] Schumann, H. *Metalurgie fizică.* Editura tehnică, Bucureşti, 1962.

[2] Mantea, Şt. şi Dulămiţă, T. *Teoria şi practica tratamentelor termice.* Editura tehnică, Bucureşti, 1966.

[3] Constantinescu, A. şi Coşneanu, C. *Îndreptar de fontă şi oţeluri.* Editura tehnică, Bucureşti, 1969.

[4] Slaver, S. şi Surith, T. *Stabilizarea austenitei. Fazovîie prevraşceniia v stali.* Moscova, 1961.

[5] Fischer, J. *Thermodynamics in Physical Metallurgy.* Cleveland, Ohio, A.S.M., 1950.

[6] Manson, S. *Les contraintes thermiques.* Ed. Dunod, Paris, 1967.

[7] Colombier, L. *Aciers inoxidables et refractaires.* Ed. Dunod, Paris, 1965.

[8] x x x *POWER BOILERS-ASME. Boiler and Pressure Vessel Code.* The American Society of Mechanical Engineering, New York, 1956.

(Articol intrat în redacţie la 29 martie 1971)

◆

Realizări experimentale în tranzistorizarea comenzilor şi semnalizărilor din staţiile electrice

Ing. **M. Porţeanu** şi ing. **M. Săndulescu**[*)]

La instalaţiile de automatizare secvenţială a proceselor industriale realizate în cursul ultimului deceniu se constată ca o tendinţă generală folosirea circuitelor logice tranzistorizate, ajungîndu-se la standardizarea semnalelor, a conexiunilor şi a sistemelor de construcţii ale pupitrelor şi dulapurilor cu aparataj. Datorită faptului că tranzistoarele funcţionează la tensiuni reduse şi curenţi slabi, prin tranzistorizare a devenit posibilă reducerea tensiunilor de izolaţie, drept consecinţe imediate rezultînd utilizarea unui aparataj ultraminiaturizat şi a unor cabluri telefonice cu secţiune redusă, reducerea pierderilor electrice şi a consumului de metal, micşorarea dimensiunilor panourilor, pupitrelor, canalurilor de cabluri, creşterea densităţii de montaj şi alte avantaje.

În literatura de specialitate, posibilitatea tranzistorizării circuitelor de comandă şi semnalizare din centrale şi staţii este prezentată începînd cu [1]. Primele realizări sînt semnalate ca datînd din februarie 1963, cînd în staţia de interconexiuni Garenfeld din R. F. a Germaniei s-a pus în funcţiune comanda logică tranzistorizată SIMATIC pentru întrerupătoarele şi separatoarele de 220 şi 110 kV. Pentru centralele electrice s-a creat automatizarea după grupe funcţionale [3], [4]. La început, pentru partea de automatică secvenţială s-a întrebuinţat sistemul universal de circuite logice tranzistorizate SIMATIC [5], pentru ca mai tîrziu să fie realizat un sistem special SIMATIC P [6], [7].

În sectorul energetic din ţara noastră, o dată cu importul unui grup de 100 MW se introduce pentru prima oară, la Centrala termoelectrică Fîntînele, şi sistemul de comandă logică tranzistorizată de concepţie şi construcţie SIMATIC-Siemens [8].

În cele ce urmează sînt prezentate unele echipamente tranzistorizate cu circuite logice, realizate şi experimentate în sectorul energetic din România în cursul anilor 1967–1969. La elaborarea acestora s-au folosit metode matematice actuale pentru studiul circuitelor de comutaţie [9], [10], [11], [12], cu ajutorul cărora s-au putut stabili soluţiile teoretice privind concepţia de ansamblu, defalcarea în blocuri funcţionale, eliminarea hazardurilor. Modul de tratare teoretică a sintezei circuitelor de comandă a fost expus în [13], [14]. Echipamentele de comandă-semnalizare descrise mai jos sînt cele pentru comanda individuală, inclusiv semnalizările de poziţie şi avarie cu două butoane, cu un buton şi cu preselecţie, fiecare dintre acestea în subvariantele pentru comanda de la distanţă sau comanda manuală a separatoarelor. Echipamentul pentru semnalizările preventive şi subvariantele acestuia au fost descrise în [15].

1. Tipuri de echipamente de comandă individuală realizate

La elaborarea echipamentelor experimentale s-a urmărit realizarea unor elemente funcţional-constructive din asamblarea cărora să poată fi obţinut orice tip de schemă dorită de comandă şi semnalizare pentru întreruptoarele şi separatoarele din staţiile de 10, 20, 35 kV, cu posibilităţi de extindere la staţii de 110, 220 şi 400 kV, cît şi de adaptare pentru alte utilizări decît cele din centrale şi staţii electrice.

Circuitele de comandă şi semnalizare care îndeplinesc funcţiuni independente de restul instalaţiei au fost defalcate în blocuri funcţionale. Constructiv, blocul conţine un număr de module, tranzistoare, rezistenţe, diode, condensatoare etc. montate pe o placă cu circuite imprimate. Modulele conţinute sînt de diferite tipuri — NOR/SAU-NU/, REPETOR, TIMP, AMPLIFICATOR etc. — după funcţiile logice necesare de la circuit la circuit.

Următoarea unitate constructivă o constituie sertarul. Acesta este alcătuit dintr-o construcţie metalică prevăzută cu şine de ghidare pentru introducerea şi scoaterea plăcilor. Pe fiecare placă şi în extremitatea ghidajului acesteia din sertar se montează conectoarele. Conexiunile dintre plăci se realizează printr-un cablaj între conectoarele corespunzătoare ale sertarului.

Fiecare echipament conţine, în funcţie de complexitate, un anumit număr de sertare, care sînt introduse într-un dulap. În afara cablajului, între plăcile aceluiaşi sertar, mai există cablajul între sertare. Conexiunile între dulapuri se fac prin cabluri, la fel ca şi cele dintre pupitrul de comandă, dulapuri şi staţie. Pentru alimentarea cu tensiunile necesare serveşte o reţea de curent continuu dimensionată corespunzător.

1.1. *Comanda cu două butoane*

1.1.1. *Comanda de la distanţă a separatoarelor.* Orice comandă de anclanşare sau declanşare se dă de la pupitrul de comandă prin două butoane de tipul cu revenire, sau cu o cheie care are contacte speciale pentru transmiterea impulsului de comandă pe durata unui timp scurt. Fiecare dintre aceste butoane — B_a pentru anclanşare, respectiv B_d pentru declanşare

---

[*)] Mircea Porţeanu este inginer la I.C.P.E.T.; M. Săndulescu este inginer la I.R.M.E.

(fig. 1) — rămîne închis numai pe durata cît se dă comanda, deci numai atîta timp cît este apăsat, după care se revine în poziția inițială, cu contactele normal deschise. Semnalele de la

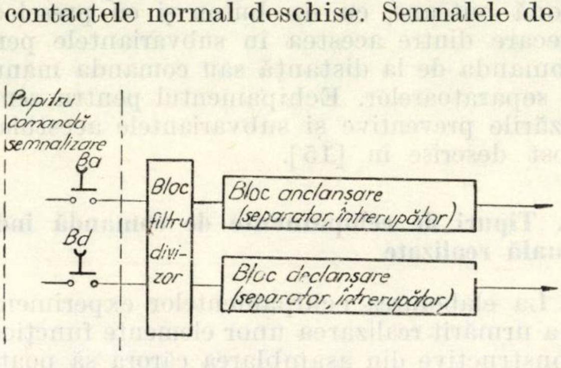

Pupitru comandă semnalizare
Ba
Bd
Bloc filtru divizor
Bloc anclanșare (separator, întrerupător)
Bloc declanșare (separator, întrerupător)

Fig. 1. Schema de principiu a comenzii cu două butoane.

butoanele B_a și B_d sînt transformate, prin circuitele de adaptare cuprinse în blocul filtru-divizor, în semnale pentru circuite logice tranzistorizate, care sînt aplicate la intrările corespunzătoare comenzii din cheie ale blocurilor de comandă a anclanșării *BAI*, *BAS*, sau declanșării, *BDI*, *BDS*, după cum se comandă un întreruptor, respectiv un separator.

În figura 2 este prezentată schema de principiu a comenzii cu două butoane pentru o celulă care conține două separatoare de bare, un întreruptor, un separator de linie și un separator de punere la pămînt. Atît întreruptorul cît și separatoarele sînt comandate de la distanță, cu chei sau butoane montate pe pupitrul din camera de comandă. Echipamentul tranzistorizat cu circuite logice conține în acest caz blocurile pentru comanda individuală a întreruptorului și a separatoarelor și blocurile pentru semnalizările de poziție și avarie. Semnalele logice pentru comanda anclanșării și declanșării sînt amplificate și transmise în stație la tensiunea de 24 V, prin intermediul unor relee auxiliare de 24 V, notate cu *a* pentru anclanșare, respectiv *b* pentru declanșare. În stație, cu ajutorul unor relee intermediare *RA* pentru anclanșare și *RD* pentru declanșare, montate în dulapul de comandă în curenți tari — se transmite comanda de anclanșare, respectiv de declanșare în 220 V c.c. Pentru fiecare întreruptor și separator de comandat de la distanță sînt necesare cîte o pereche de relee *a*, *d* de 24 V c.c. și o pereche de relee *RA*, *RD* de 220 V c.c. S-a ales soluția cu relee în defavoarea celei cu semiconductoare de putere, pentru ca perturbațiile și defectele în cablurile din canalul de cabluri și stație să nu aibă nici un efect asupra echipamentului tranzistorizat de comandă-semnalizare dispus în camera de comandă.

Pentru a exista posibilitatea comenzii și în cazul unor defecte în pupitrul de comandă sau echipamentul tranzistorizat de comandă, comanda locală în curenți tari este menținută.

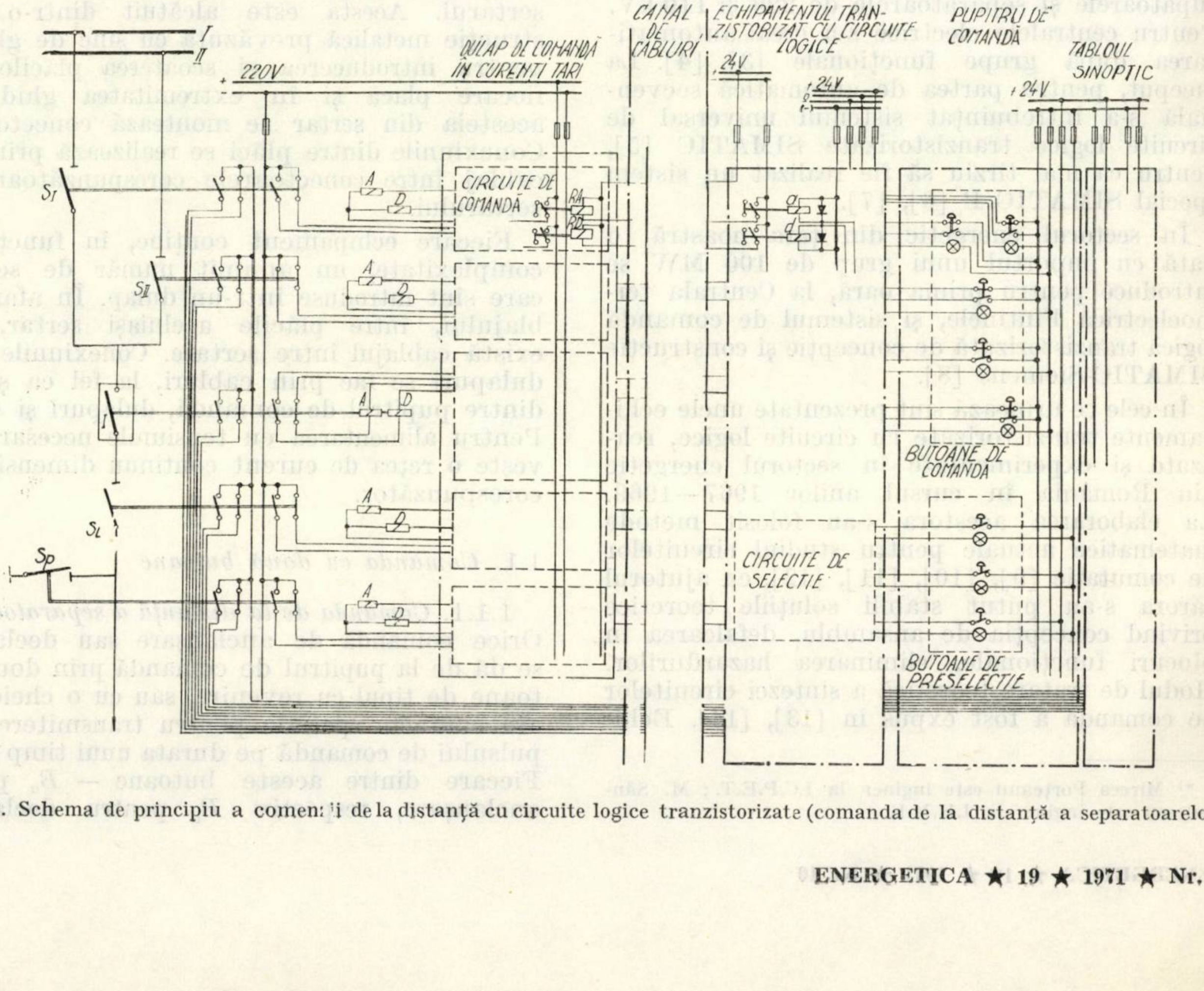

DULAP DE COMANDĂ ÎN CURENȚI TARI
CANAL DE CABLURI
ECHIPAMENTUL TRANZISTORIZAT CU CIRCUITE LOGICE
PUPITRU DE COMANDĂ
TABLOUL SINOPTIC
I
II
220V
24V
24V
24V
S1
S2
I
Sl
Sp
A
D
RA
RD
CIRCUITE DE COMANDĂ
BUTOANE DE COMANDĂ
CIRCUITE DE SELECȚIE
BUTOANE DE PRESELECȚIE

Fig. 2. Schema de principiu a comenzii de la distanță cu circuite logice tranzistorizate (comanda de la distanță a separatoarelor).

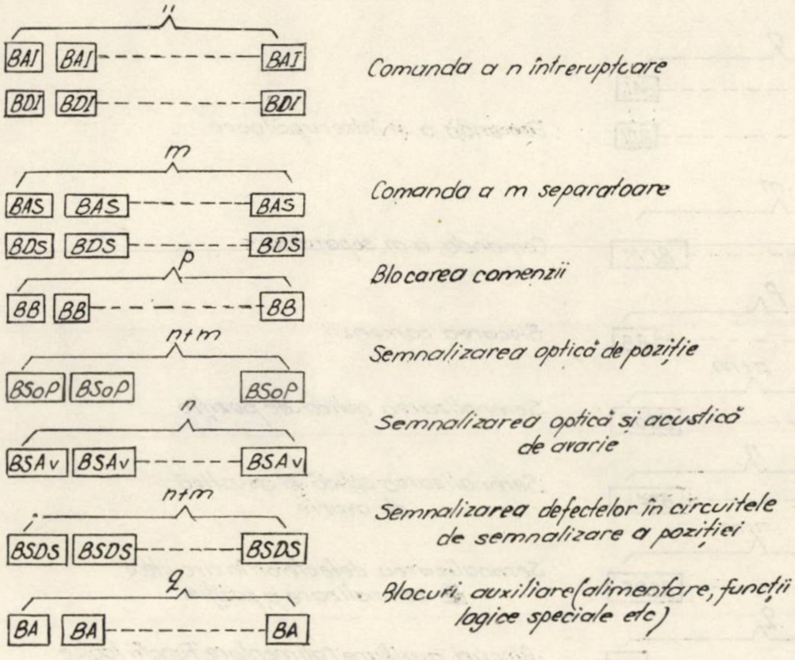

l
BAI BAI BAI
BDI BDI BDI
Comanda a n întrerupătoare
m
Comanda a m separatoare
BAS BAS BAS
BDS BDS BDS
p
Blocarea comenzii
BB BB BB
n+m
Semnalizarea optică de poziție
BSoP BSoP BSoP
n
Semnalizarea optică și acustică de avarie
BSAv BSAv BSAv
n+m
Semnalizarea defectelor în circuitele de semnalizare a poziției
BSDS BSDS BSDS
q
Blocuri auxiliare (alimentare, funcții logice speciale etc)
BA BA BA

Fig. 3. Structura constructivă a comenzii individuale cu două butoane la comanda de la distanță a separatoarelor

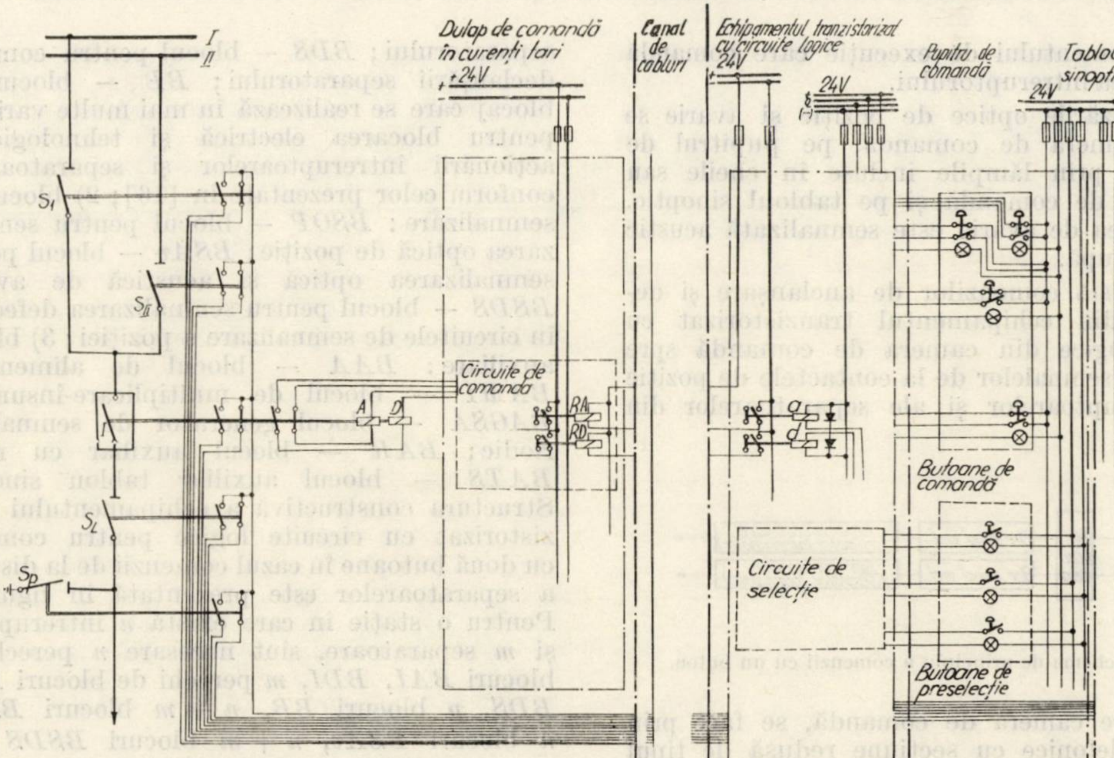

I
II
Dulap de comandă în curenți tari
24V
Canal de cabluri
Echipamentul tranzistorizat cu circuite logice
24V
24V
Pupitru de comandă
Tabloul sinoptic
24V
S_I
S_II
S_L
SP
Circuite de comandă
A
D
RA
RD
a
d
Butoane de comandă
Circuite de selecție
Butoane de preselecție

Fig. 4. Schema de principiu a comenzii de la distanță cu circuite logice tranzistorizate (comanda manuală a separatoarelor).

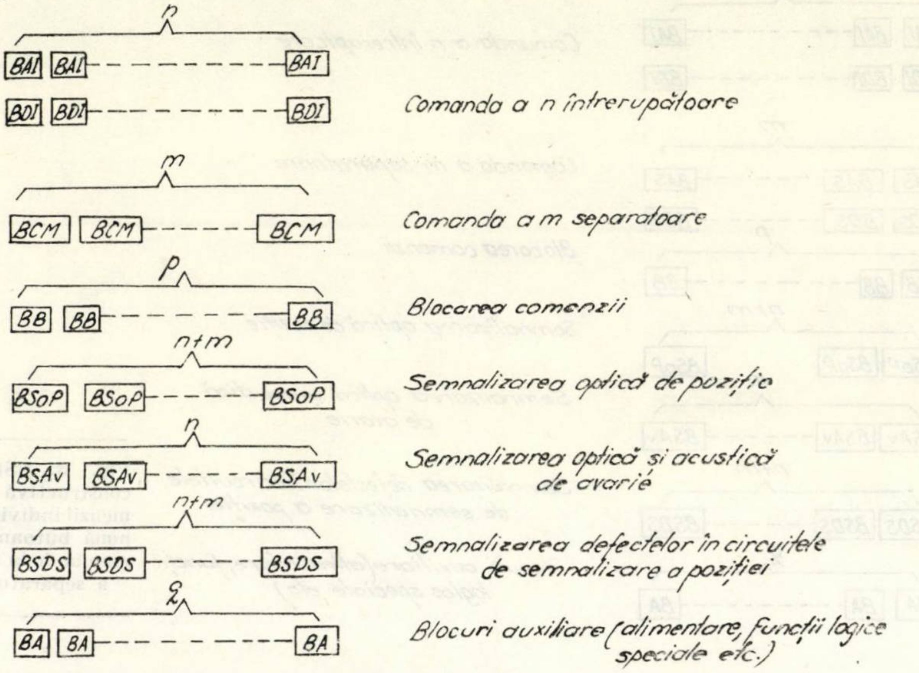

n
BAI
BAI
BAI
BDI
BDI
BDI
Comanda a n întrerupătoare
m
BCM
BCM
BCM
Comanda a m separatoare
p
BB
BB
BB
Blocarea comenzii
n+m
BSoP
BSoP
BSoP
Semnalizarea optică de poziţie
n
BSAv
BSAv
BSAv
Semnalizarea optică şi acustică de avarie
n+m
BSDS
BSDS
BSDS
Semnalizarea defectelor în circuitele de semnalizare a poziţiei
q
BA
BA
BA
Blocuri auxiliare (alimentare, funcţii logice speciale etc.)

Fig. 5. Strutura constructivă a comenzii cu două butoane la comanda manuală a separatoarelor individuale.

Aceasta este o comandă prioritară şi independentă de comanda de la distanţă. O altă comandă prioritară şi independentă este declanşarea prin protecţie, aceasta acţionînd direct asupra elementului de execuţie care comandă declanşarea întreruptorului.

Semnalizările optice de poziţie şi avarie se fac în camera de comandă, pe pupitrul de comandă, prin lămpile incluse în cheile sau butoanele de comandă şi pe tabloul sinoptic. Declanşarea de avarie este semnalizată acustic printr-o hupă.

Transmisia comenzilor de anclanşare şi declanşare din echipamentul tranzistorizat cu circuite logice din camera de comandă spre staţie şi a semnalelor de la contactele de poziţie ale întreruptoarelor şi ale separatoarelor din staţie, spre camera de comandă, se face prin cabluri telefonice cu secţiune redusă de tipul CTU, la tensiunea de 24 V c.c. Această tensiune se întrebuinţează şi pentru pupitrul de comandă, ceea ce permite utilizarea unor butoane, chei de comandă şi lămpi miniaturizate.

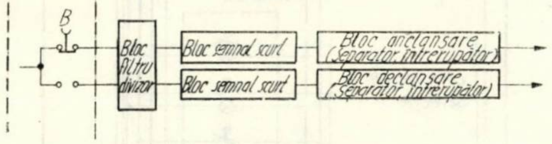

B
Bloc filtru divizor
Bloc semnal scurt
Bloc semnal scurt
Bloc anclanşare (Separator, întrerupător)
Bloc declanşare (Separator, întrerupător)

Fig. 6. Schema de principiu a comenzii cu un buton.

S-au realizat următoarele blocuri funcţionale specifice comenzii cu două butoane : 1) blocuri de comandă : *BAI* — blocul pentru comanda anclanşării întreruptorului ; *BDI* — blocul pentru comanda declanşării întreruptorului ; *BAS* — blocul pentru comanda anclanşării separatorului ; *BDS* — blocul pentru comanda declanşării separatorului ; *BB* — blocuri de blocaj care se realizează în mai multe variante, pentru blocarea electrică şi tehnologică a acţionării întreruptoarelor şi separatoarelor, conform celor prezentate în [16] ; 2) blocuri de semnalizare : *BSOP* — blocul pentru semnalizarea optică de poziţie ; *BSAv* — blocul pentru semnalizarea optică şi acustică de avarie ; *BSDS* — blocul pentru semnalizarea defectelor în circuitele de semnalizare a poziţiei ; 3) blocuri auxiliare : *BAA* — blocul de alimentare ; *BAMI* — blocul de multiplicare-însumare ; *BAGSA* — blocul generator de semnal periodic ; *BAR* — blocul auxiliar cu relee ; *BATS* — blocul auxiliar tablou sinoptic. Structura constructivă a echipamentului tranzistorizat cu circuite logice pentru comanda cu două butoane în cazul comenzii de la distanţă a separatoarelor este prezentată în figura 3. Pentru o staţie în care există n întreruptoare şi m separatoare, sînt necesare n perechi de blocuri *BAI*, *BDI*, m perechi de blocuri *BAS*, *BDS*, p blocuri *BB*, $n + m$ blocuri *BSOP*, n blocuri *BSAv*, $n + m$ blocuri *BSDS* şi q blocuri *BA*, în care p şi q depind de complexitatea staţiei şi, în general, nu pot fi exprimate în funcţie de n şi m.

1.1.2. *Comanda manuală a separatoarelor.* Figura 4 prezintă schema de principiu a comenzii pentru o celulă de acelaşi tip cu cel reprezentat în figura 2, cu deosebirea că comanda separatoarelor se face manual. În acest caz, blocurile pentru comanda anclanşării şi declanşării separatoarelor *BAS*, respectiv *BDS*, lipsesc, în locul lor întrebuinţîndu-se blocul pentru comanda manuală a separatoarelor, prin care se blochează sau se deblochează comanda manuală.

Componenţa în blocuri funcţionale este de *n* perechi de blocuri *BAI*, *BDI*, *m* blocuri *BCM*, *p* blocuri *BB*, $n + m$ blocuri *BSOP*, *n* blocuri *BSAv*, $n + m$ blocuri *BSDS* şi *q* blocuri *BA*, după cum se poate remarca din figura 5, în care s-a reprezentat structura constructivă corespunzătoare acestui echipament.

1.2. *Comanda cu un buton*

1.2.1. *Comanda de la distanţă a separatoarelor.* Spre deosebire de comanda cu două butoane, fiecare comandă de anclanşare sau de declanşare se dă printr-un buton de tipul tras-apăsat. Butonul tras corespunde poziţiei declanşat, iar butonul apăsat poziţiei anclanşare. Funcţia unui astfel de buton poate fi realizată şi de o cheie cu două poziţii, la care contactele se menţin în aceeaşi poziţie. În ambele cazuri semnalul de comandă este lung şi trebuie transformat într-un semnal de scurtă durată.

Faţă de comanda cu două butoane, la comanda cu un buton nu este necesar decît un bloc suplimentar *BTC* — bloc de temporizare comandă, care are rolul de a transforma semnalul de durată într-un semnal de durată scurtă. În figura 6 se prezintă modul de interconectare a acestui bloc cu blocurile pentru comanda anclanşării şi declanşării întrerupătoarelor. În rest, funcţionarea echipamentului de comandă cu un buton este similară cu cea a echipamentului de comandă cu două butoane. Componenţa în blocuri funcţionale este de *n* perechi de blocuri *BAI*, *BDI*, *m* perechi de blocuri *BAS*, *BDS*, $n + m$ blocuri *BTC*, *p* blocuri *BB*, $n + m$ blocuri *BSOP*, *n* blocuri *BSAv*, $n + m$ blocuri *BSDS*, *q* blocuri *BA*. Structura constructivă este prezentată în figura 7.

1.2.2. *Comanda manuală a separatoarelor.* Din punctul de vedere al funcţionării, deosebirile faţă de comanda cu un buton şi comanda de la distanţă a separatoarelor (vezi paragraful 1.2.1) sînt de aceeaşi natură cu cele dintre comanda manuală şi comanda de la distanţă a separatoarelor în cazul comenzii cu două butoane, a căror prezentare este făcută în paragrafele 1.1.1. şi 1.1.2.

Numărul total de blocuri funcţionale cuprinde *n* perechi de blocuri *BAI*, *BDI*, *BTC*, *m* perechi de blocuri *BCM*, *p* blocuri *BB*, $n + m$ blocuri *BSOP*, *n* blocuri *BSAv*, $n + m$ blocuri *BSDS* şi *q* blocuri *BA*, după cum se poate remarca din figura 8, în care este prezentată structura

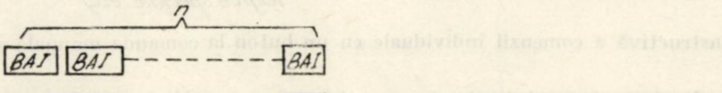

n
BAI
BDI
BTC
Comanda a n întrerupătoare
m
BAS
BDS
BTC
Comanda a m separatoare
p
BB
Blocarea comenzii
n+m
BSoP
Semnalizarea optică de poziţie
n
BSAv
Semnalizarea optică acustică de avarie
n+m
BSDS
Semnalizarea defectelor în circuitele de semnalizare a poziţiei
q
BA
Blocuri auxiliare (alimentare, funcţii logice etc)

Fig. 7. Structura constructivă a comenzii individuale cu un buton la comanda de la distanţă a separatoarelor.

constructivă corespunzătoare acestui tip de comandă.

2. Tipuri de echipamente de comandă cu preselecţie realizate [17]

La comanda cu preselecţie cu relee există două tipuri de preselecţie: preselecţia cîmpului şi preselecţia aparatului. Comanda cu preselecţie cu circuite logice tranzistorizate se consideră numai cu preselecţia celulei, întrucît cea cu preselecţia aparatului conduce la complicaţii constructive deosebite. S-a văzut că la comanda cu două butoane sau cu un buton este necesar cîte un set de butoane sau chei pentru fiecare celulă. În staţiile cu un număr mare de celule, pupitrul de comandă devine încărcat cu un număr foarte mare de chei, butoane, lămpi, ceea ce conduce la o urmărire dificilă a fiecărei celule. În cazul comenzii cu preselecţie există un singur set de butoane sau chei, al căror număr se alege astfel încît să fie suficient pentru comanda celulei de tipul cel mai complex din staţie, şi un set de butoane de preselecţie al căror număr este egal cu numărul de celule. Fiecare comandă se execută prin acţionarea prealabilă a unui buton cu preselecţie, selectîndu-se în acest fel celula, după care, prin acţionarea unui buton sau cheie din setul unic de butoane sau de chei de comandă, totul se transformă într-o comandă individuală. Cum pentru executarea unei comenzi trebuie să se acţioneze două butoane, comanda este mai sigură decît cu un buton (cazul echipamentelor de comandă descrise anterior), dar există şi un dezavantaj important, şi anume întîrzierea manevrelor.

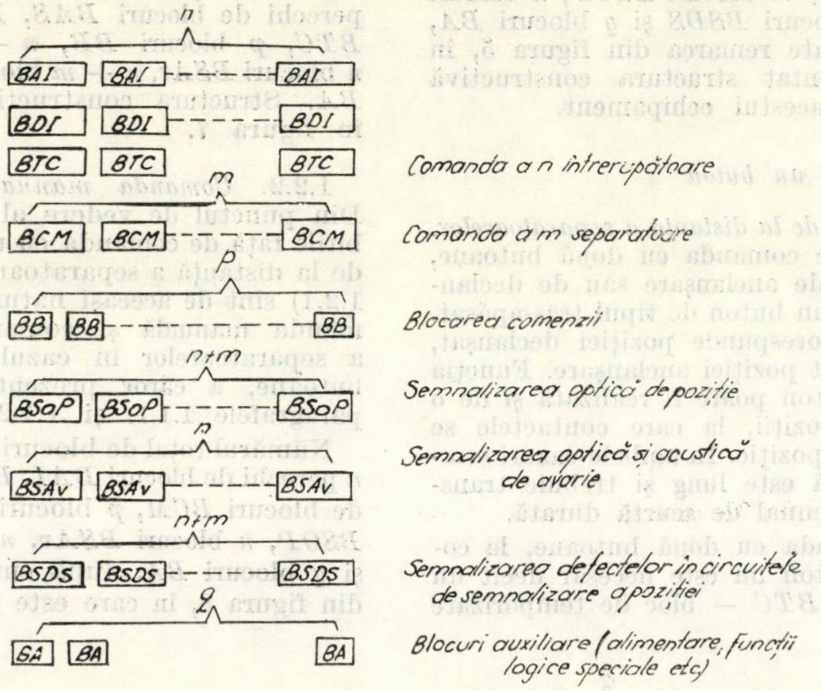

n
BAI
BAI
BAI
BDI
BDI
BDI
BTC
BTC
BTC
Comanda a n întrerupătoare
m
BCM
BCM
BCM
Comanda a m separatoare
p
BB
BB
BB
Blocarea comenzii
n+m
BSoP
BSoP
BSoP
Semnalizarea optică de poziţie
n
BSAv
BSAv
BSAv
Semnalizarea optică şi acustică de avarie
n+m
BSDS
BSDS
BSDS
Semnalizarea defectelor în circuitele de semnalizare a poziţiei
q
BA
BA
BA
Blocuri auxiliare (alimentare, funcţii logice speciale etc)

Fig. 8. Structura constructivă a comenzii individuale cu un buton la comanda manuală a separatoarelor.

Pupitrul de comandă se simplifică foarte mult, întrucît conţine numai setul unic de butoane de comandă şi butoane de preselecţie.

Pentru îndeplinirea funcţiilor necesare comenzii cu preselecţie, au fost realizate cîteva blocuri funcţionale noi, şi anume: *BSC* — blocul selecţie celulă; blocuri de semnalizare: *BSLP* — bloc semnalizare lampă inclusă în cheia de comandă sau butonul de preselecţie; *BSOAVP* — bloc semnalizare poziţie şi declanşare de avarie la comanda cu preselecţie; *BDSP* — bloc semnalizare defecte în circuitele de selecţie; *BSSP* — bloc semnalizare selecţie. Circuitele de pe aceste blocuri au fost astfel concepute, încît structura constructivă a comenzii cu preselecţie să fie redusă cît mai mult posibil la cea a comenzii individuale, circuitele de selecţie să prezinte o mare siguranţă în funcţionare şi numărul total de tipuri de blocuri funcţionale să fie cît mai redus.

Blocajele introduse sînt suficient de complexe. Un defect în circuitele de selecţie blochează orice comandă, fiind în acelaşi timp semnalizat pe pupitrul de comandă. De asemenea, o acţionare simultană pe mai mult de un buton blochează orice comandă, iar pe pupitrul de comandă această acţionare greşită este semnalizată.

După modul în care are loc comanda separatoarelor s-au realizat două tipuri de echipamente de comandă cu preselecţie.

2.1. *Comanda de la distanţă a separatoarelor*

În comparaţie cu comanda individuală, la care pentru fiecare celulă există pe pupitrul de comandă cîte un set de butoane sau chei de comandă, la comanda cu preselecţie pupitrul de comandă conţine un singur set de chei de comandă şi unul de butoane de preselecţie, iar echipamentul cu circuite logice tranzistorizate conţine în plus circuitele de selecţie, contururile reprezentate cu linii întrerupte din figura 2. Întrucît atît întreruptoarele cît şi separatoarele sînt acţionate de la distanţă, complexitatea circuitelor de selecţie este foarte ridicată.

Componenţa în blocuri funcţionale a unui echipament pentru comanda cu preselecţie tranzistorizată, în cazul comenzii de la distanţă a separatoarelor, este de n perechi de blocuri BAI, BDI, m perechi de blocuri BAS, BDS, b blocuri BSC, p blocuri BB, $n+m$ blocuri $BSOAVP$, $n+m$ blocuri $BDSP$, N blocuri $BSSP$ şi q blocuri BA, în care N este numărul de celule, iar b un număr care creşte foarte mult cu creşterea lui N şi, în general

$$b = f\,(M,\,C_N^2,\,C_N^3),$$

în care M este numărul de aparate de comutare din celula de cel mai complex tip. Structura constructivă pe blocuri funcţionale este arătată în figura 9.

2.2. *Comanda manuală a separatoarelor*

Deoarece comanda cu preselecţie are loc numai pentru întreruptoare, circuitele de selecţie pentru întreruptoare nu mai sînt necesare, ceea ce reduce foarte mult numărul total de blocuri. Schema de principiu a comenzii cu preselecţie pentru cazul comenzii manuale a separatoarelor are aspectul din figura 4, în care echipamentul cu circuite logice tranzistorizate cuprinde în plus, faţă de cazul comenzii individuale, circuitele de selecţie pentru întreruptoare, iar pe pupitrul de comandă există setul de butoane cu preselecţie. Reprezentarea acestora în figura 4 este făcută prin contururile cu linii întrerupte.

După cum se poate remarca din figura 10, în care se arată structura constructivă, componenţa în blocuri funcţionale este de n perechi de blocuri BAI, BDI, m blocuri BCM, b blocuri BSC, p blocuri BB, $n+m$ blocuri $BSOAVP$, $n+m$ blocuri $BDSP$, N blocuri $BSSP$ şi q blocuri BA, în care de data aceasta

$$b = f\,(C_N^2),$$

deoarece $M = 1$, ca urmare a faptului că numai întreruptorul celulei se comandă de la distanţă.

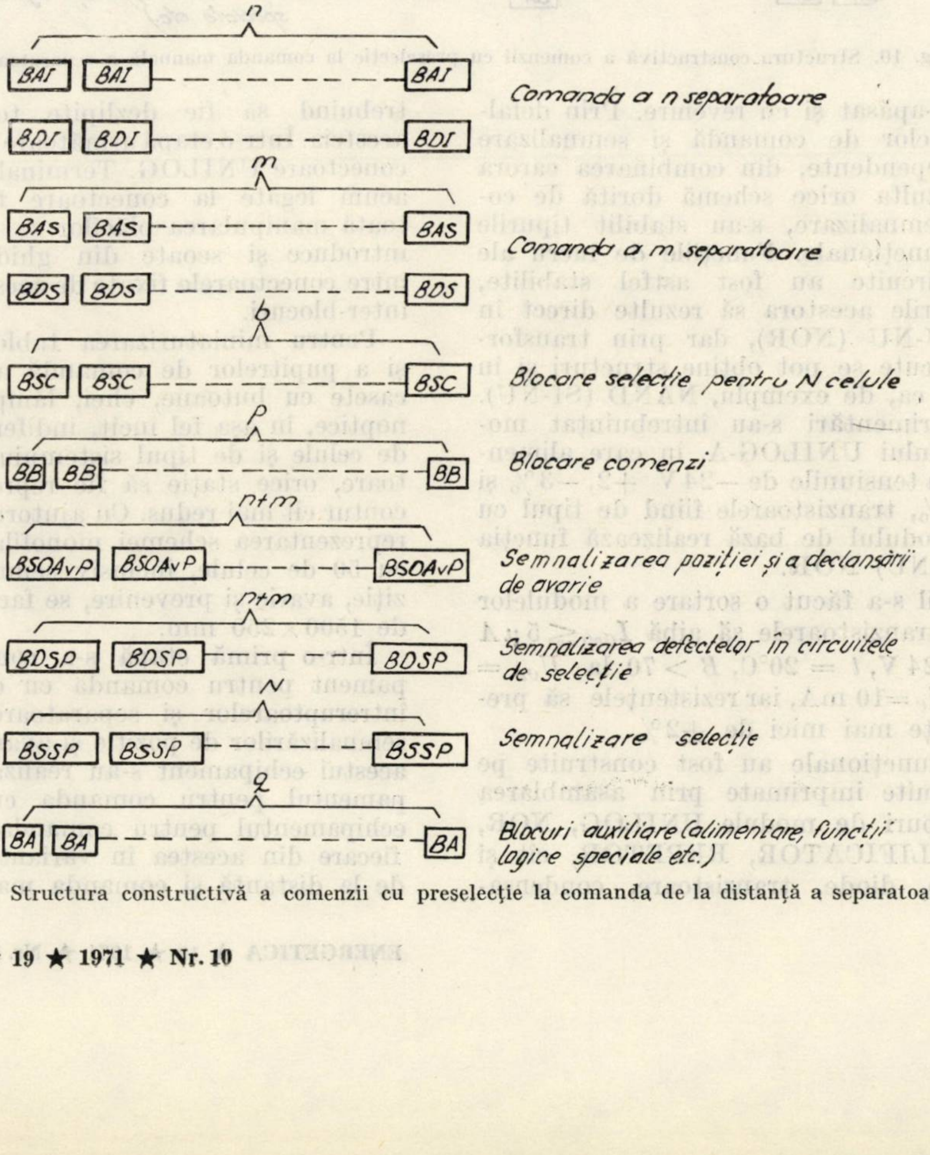

n
BAI
BAI
BAI
BDI
BDI
BDI
Comanda a n separatoare
m
BAS
BAS
BAS
BDS
BDS
BDS
Comanda a m separatoare
b
BSC
BSC
BSC
Blocare selecţie pentru N celule
p
BB
BB
BB
Blocare comenzi
n+m
BSOAvP
BSOAvP
BSOAvP
Semnalizarea poziţiei şi a declanşării de avarie
n+m
BDSP
BDSP
BDSP
Semnalizarea defectelor în circuitele de selecţie
N
BSSP
BSSP
BSSP
Semnalizare selecţie
q
BA
BA
BA
Blocuri auxiliare (alimentare, funcţii logice speciale etc.)

Fig. 9. Structura constructivă a comenzii cu preselecţie la comanda de la distanţă a separatoarelor.

Construcția și experimentarea echipamentelor cu circuite logice tranzistorizate pentru comenzi-semnalizări în stații

Soluțiile teoretice au fost la început verificate pe un simulator în care întreruptoarele și separatoarele au fost reprezentate prin relee electromagnetice, iar cheile de comandă prin butoane de tipul tras-apăsat și cu revenire. Prin defalcarea circuitelor de comandă și semnalizare în părți independente, din combinarea cărora să poată rezulta orice schemă dorită de comandă și semnalizare, s-au stabilit tipurile de blocuri funcționale. Funcțiile de lucru ale diferitelor circuite au fost astfel stabilite, încît structurile acestora să rezulte direct în module SAU-NU (NOR), dar prin transformările cunoscute se pot obține structuri și în alte module, ca, de exemplu, NAND (SI-NU). Pentru experimentări s-au întrebuințat modulele sistemului UNILOG-A, în care alimentările se fac la tensiunile de -24 V $+2, -3\%$ și $+24$ V $\pm 5\%$, tranzistoarele fiind de tipul cu germaniu. Modulul de bază realizează funcția logică (SAU-NU) NOR.

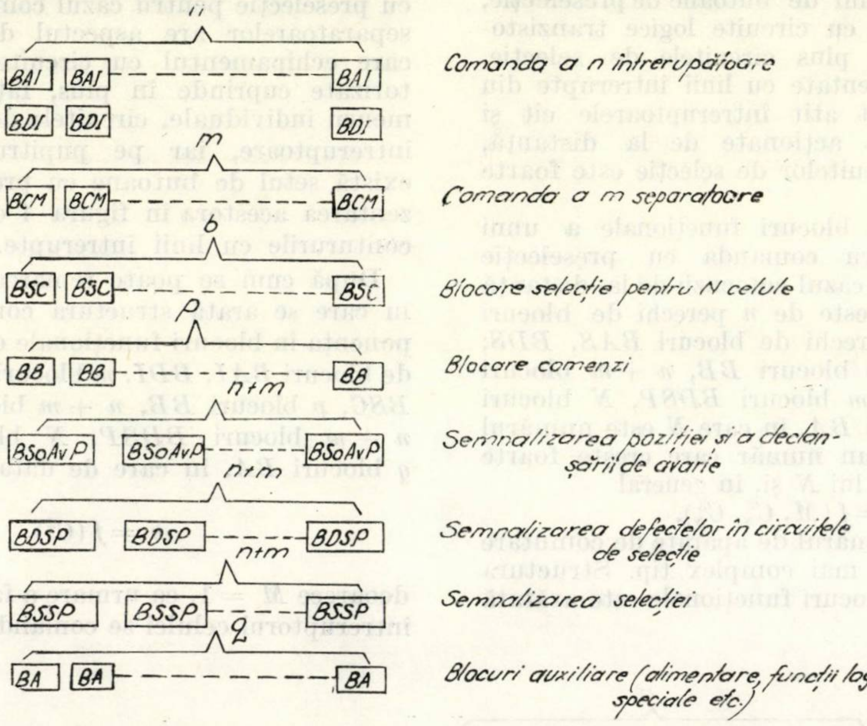

n
BAI
BAI
BAI
BDI
BDI
BDI
m
BCM
BCM
BCM
b
BSC
BSC
BSC
p
BB
BB
BB
n+m
BSoAvP
BSoAvP
BSoAvP
n+m
BDSP
BDSP
BDSP
n+m
BSSP
BSSP
BSSP
q
BA
BA
BA
Comanda a n întrerupătoare
Comanda a m separatoare
Blocare selecție pentru N celule
Blocare comenzi
Semnalizarea poziției și a declanșării de avarie
Semnalizarea defectelor în circuitele de selecție
Semnalizarea selecției
Blocuri auxiliare (alimentare, funcții logice speciale etc.)

Fig. 10. Structura constructivă a comenzii cu preselecție la comanda manuală a separatoarelor.

În prealabil s-a făcut o sortare a modulelor astfel, încît tranzistoarele să aibă $I_{CBO} \leq 5\,\mu A$ la $U_{CE} = -24$ V, $t = 20°C$, $B > 70$ la $U_{CE} = -0{,}2$ V și $I_C = 10$ mA, iar rezistențele să prezinte toleranțe mai mici de $\pm 2\%$.

Blocurile funcționale au fost construite pe plăci cu circuite imprimate prin asamblarea diferitelor tipuri de module UNILOG, NOR, TIMP, AMPLIFICATOR, REPETOR, cît și de rezistențe, diode, tranzistoare, condensatoare etc. Inițial nu s-au întrebuințat conectoare, interconectarea blocurilor făcîndu-se prin lipituri între terminalele blocurilor și cablajul exterior. Această soluție s-a arătat a fi deosebit de costisitoare ca manoperă și dificilă din punctul de vedere al manipulării plăcilor cu circuite imprimate, la schimbarea unei plăci trebuind să fie dezlipite toate terminalele acesteia. Într-o etapă următoare s-au întrebuințat conectoare UNILOG. Terminalele plăcilor fiind acum legate la conectoare fixate pe plăci, toată manipularea plăcilor se rezumă la a le introduce și scoate din ghidajul sertarului, între conectoarele fixate de acesta fiind cablajul inter-blocuri.

Pentru miniaturizarea tablourilor sinoptice și a pupitrelor de comandă au fost realizate casete cu butoane, chei, lămpi și scheme sinoptice, în așa fel încît, indiferent de numărul de celule și de tipul sistemului de bare colectoare, orice stație să fie reprezentată într-un contur cît mai redus. Cu ajutorul acestor casete, reprezentarea schemei monofilare a unei stații cu 50 de celule, inclusiv semnalizările de poziție, avarie și prevenire, se face într-un contur de 1500×250 mm.

Într-o primă etapă s-a construit un echipament pentru comanda cu două butoane a întreruptoarelor și separatoarelor, inclusiv a semnalizărilor de poziție și avarie. Pe structura acestui echipament s-au realizat ulterior echipamentul pentru comanda cu un buton și echipamentul pentru comanda cu preselecție, fiecare din acestea în variantele cu comanda de la distanță și comanda manuală a separatoarelor. Deosebirile între structurile constructive ale diferitelor tipuri de echipamente au fost arătate în paragraful anterior.

După o atentă verificare în laborator, în cursul căreia s-au încercat îndeplinirea funcţiunilor de comandă şi semnalizare, corectitudinea conexiunilor, variaţia în timp şi cu temperatura a parametrilor modulelor UNILOG, variaţia curentului absorbit de la sursa de alimentare, care la început a fost alcătuită dintr-o baterie de acumulatoare, comportarea conectoarelor, comportarea la perturbaţiile electrice din laborator, comportarea la vibraţii şi şocuri mecanice, s-a trecut la experimentarea în condiţiile de funcţionare dintr-o staţie. Echipamentul a fost montat din martie 1968 în staţia Bucureşti-Centru, la o celulă cu plecare în cablu de 6 kV, echipată cu întreruptor, separatoare de bare, linie şi punere la pămînt (fig. 11), acţionate cu dispozitiv cu aer comprimat tip Cottbus — R.D.G. Linia care pleacă de la această celulă nu era în funcţiune iniţial. Locul de montare în staţie s-a ales chiar lîngă celulă, şi nu în camera de comandă, tocmai pentru a se urmări comportarea atît la variaţiile de temperatură, cu mult mai mari, din staţie, care era neîncălzită, cît şi la influenţa perturbaţiilor electromagnetice din staţie. Alimentarea s-a făcut din baterii de acumulatoare.

Pentru a se putea face comanda din cheie şi protecţie, s-au montat releele auxiliare *RCA*, *RCD* şi *RP*, semnalele la tensiunea de 220 V c.c. din contactele normal deschise ale acestora, împreună cu cele din contactele normal deschise şi normal închise ale întreruptorului şi separatoarelor, constituind mărimile de intrare în echipament aşa cum se arată în figura 12. Întrucît staţia este cu comandă cu preselecţie, au fost făcute unele completări şi în circuitele de comandă auxiliare la 60 V, după cum se remarcă în figura 13.

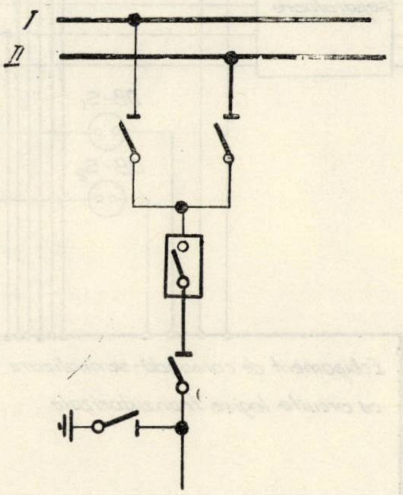


Fig. 11. Schema monofilară a celulei pentru experimentare de la staţia Bucureşti-Centru.

Mărimile de ieşire din echipament au fost semnalele în 110 V din contactele normal deschise ale releelor de ieşire, prin care se comandă anclanşarea şi declanşarea întreruptorului şi a separatoarelor. În figura 12, din motive de simplificare a desenului, s-au figurat numai conexiunile pentru întreruptor, cele pentru separatoare fiind similare, cu excepţia declanşării prin protecţie.

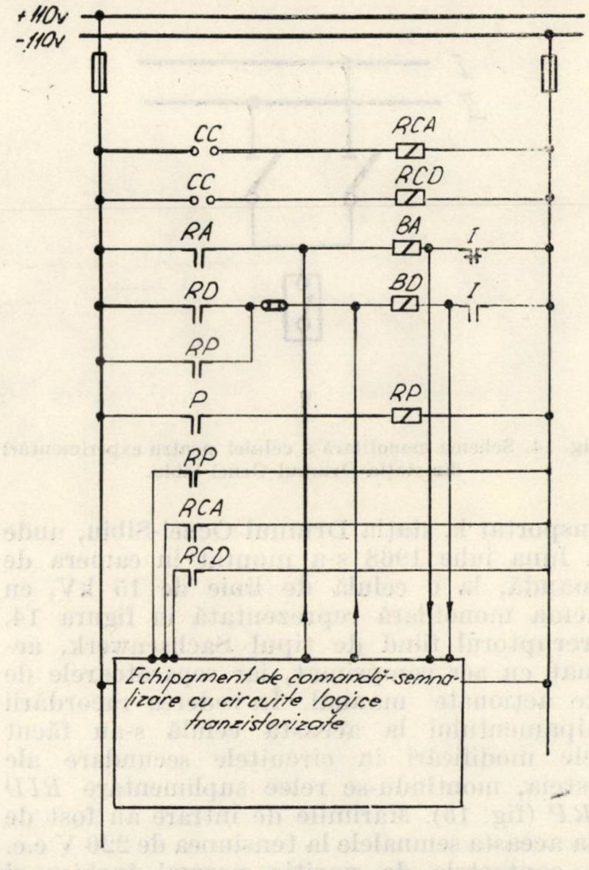

+110V
-110V
CC
RCA
CC
RCD
RA
BA
I
RD
BD
I
RP
P
RP
RP
RCA
RCD
Echipament de comandă-semnalizare cu circuite logice tranzistorizate

Fig. 12. Schema de conectare a echipamentului cu circuite logice tranzistorizate la celula din staţia Bucureşti-Centru

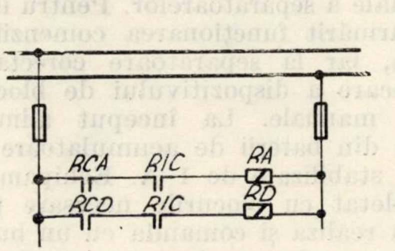


Fig. 13. Schema conexiunilor în circuitele auxiliare de comandă ale celulei din staţia Bucureşti-Centru.

În perioada în care a fost experimentat echipamentul s-au repetat încercările de laborator în condiţiile din staţie, temperatura ambiantă variind între 5°C şi 25°C. În fiecare zi s-au făcut acţionări cu întreruptoarele şi separatoarele. S-a urmărit comportarea şi la scurtcircuite produse pe linia de plecare din celulă, curentul de scurtcircuit fiind de 2200—2500 A.

Funcționarea corectă în condițiile unei stații electrice complexe a permis trecerea la o nouă etapă de experimentare. Echipamentul a fost transportat la stația Drumul Ocnei-Sibiu, unde din luna iulie 1968 s-a montat în camera de comandă, la o celulă de linie de 15 kV, cu schema monofilară reprezentată în figura 14, întreruptorul fiind de tipul Sachsenwerk, acționat cu aer comprimat, iar separatoarele de bare acționate manual. În vederea racordării echipamentului la această celulă s-au făcut unele modificări în circuitele secundare ale acesteia, montîndu-se relee suplimentare *RID* și *RP* (fig. 15). Mărimile de intrare au fost de data aceasta semnalele la tensiunea de 220 V c.c. din contactele de poziție normal închise și normal deschise ale întreruptorului și separatoarelor. Comanda prin cheie la 24 V s-a făcut direct din echipament. Mărimile de ieșire au fost semnalele în 220 V c.c., din contactele normal deschise ale releelor de ieșire pentru comanda anclanșării și declanșării întreruptorului și a blocării sau deblocării acționării manuale a separatoarelor. Pentru întreruptoare s-a urmărit funcționarea comenzii de la distanță, iar la separatoare corecta blocare și deblocare a dispozitivului de blocaj al acționării manuale. La început alimentarea s-a făcut din baterii de acumulatoare și apoi din surse stabilizate de 1 A. Echipamentul a fost completat cu blocurile necesare pentru a se putea realiza și comanda cu un buton.

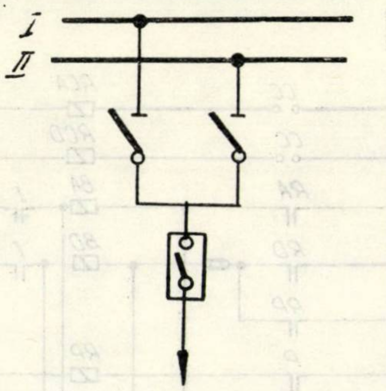


Fig. 14. Schema monofilară a celulei pentru experimentări din stația Drumul Ocnei-Sibiu.

În cursul experimentărilor desfășurate în perioada iulie-octombrie 1968, temperatura din camera de comandă variind între 20 și 29°C, au ieșit în evidență, între altele, necesitatea modificării unor soluții constructive ale fabricilor furnizoare de dulapuri, blocuri, surse, module, conectoare, prin fixarea blocurilor în sertare pentru a împiedica deplasarea blocului din conectorul sertarului în timpul funcționării, etanșarea dulapului și a surselor stabilizate, montarea unei surse stabilizate mai puternice etc. Etanșarea s-a impus în scopul protecției împotriva șoarecilor și a prafului, echipamentul fiind montat chiar în locul unde se executau lucrări de extindere prin demolarea unei părți din stație. Cu excepția acestor dificultăți, atît comanda cu două butoane, cît și cea cu un buton au funcționat corect.

Din ianuarie 1969 s-a instalat, tot la stația Drumul Ocnei-Sibiu, un echipament pentru comanda cu preselecție a trei celule de același tip cu cel din figura 14. Aceste celule au făcut parte din stația nou construită, fiind echipate cu întreruptoare Delle pentru 20 kV, acționate de la distanță, și separatoare comandate manual. Funcțiile realizate de acest echipament au fost mult mai complexe și numeroase decît în cazul comenzii cu un buton și cu două butoane: comanda cu preselecție; semnalizările de poziție și avarie, complet diferite față de cazul comenzii individuale, întrucît la conectarea alimentării echipamentului de comandă cu preselecție nu există semnale din cheile de comandă; semnalizarea defectelor în circuitele de selecție și blocarea oricărei comenzi la apariția acestora; semnalizarea defectelor în circuitele de semnalizare a poziției; semnalizarea selecției celulei; aprinderea schemei sinoptice numai

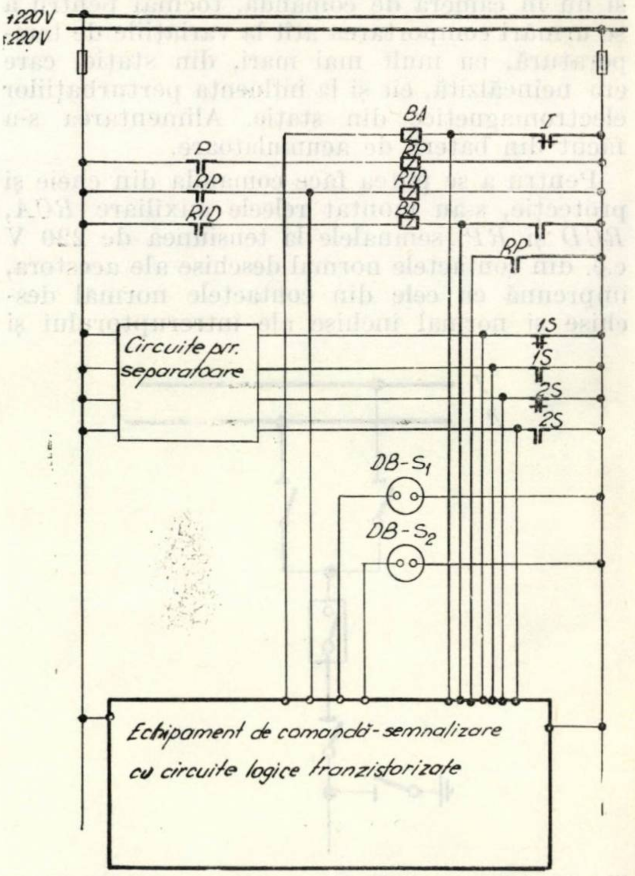

+220V
-220V
BA
I
P
RP
RID
BD
RP
1S
1S
2S
2S
Circuite ptr. separatoare
DB-S1
DB-S2
Echipament de comandă-semnalizare cu circuite logice tranzistorizate

Fig. 15. Schema de conectare a echipamentului cu circuite logice tranzistorizate la celula din stația Drumul Ocnei-Sibiu.

la cerere, la comanda cu preselecţie, la anclanşarea automată sau intempestivă, la declanşarea de avarie; stingerea în mod voit de către operator a schemei sinoptice numai după comutarea cheii de comandă pe corespondenţă în urma unei declanşări de avarie, anclanşări automate sau intempestive; posibilitatea de încercare a tuturor blocurilor şi elementelor componente, module, lămpi, relee, chiar în starea de funcţionare a echipamentului; scoaterea din funcţiune a echipamentului la întreruperea tensiunii continue de 220 V, pentru comenzi şi semnalizări efectuate din echipament şi altele. Consumul de curent a crescut foarte mult datorită extinderii funcţiunilor de comandă şi semnalizare, ceea ce a făcut necesară montarea unei surse de 5A. Ca urmare a instabilităţii în funcţionarea acesteia, au apărut supratensiuni care au deteriorat unele tranzistoare, fiind necesară revizuirea întregului echipament. Pe lîngă comportarea nesatisfăcătoare a sursei UNILOG, s-a relevat şi comportarea necorespunzătoare a conectoarelor UNILOG. În cursul experimentărilor din perioada ianuarie-mai 1969, temperatura din camera de comandă, în care a fost montat echipamentul de comandă cu preselecţie, a variat între 15 şi 22°C. Cu excepţia dificultăţilor întîmpinate din cauza calităţii componentelor, echipamentul de comandă cu preselecţie a funcţionat corect, în acest fel verificîndu-se experimental soluţiile teoretice stabilite.

Concluzii

Echipamentele de comandă individuală cu un buton, cu două butoane şi cu preselecţie, inclusiv semnalizările de poziţie şi avarie, realizate cu circuite logice tranzistorizate, descrise în această lucrare, au fost construite pe baza elaborării unui sistem de blocuri funcţional-constructive cu care să poată fi obţinută orice schemă dorită de comandă şi semnalizare pentru întreruptoare şi separatoare din staţii de 10, 20, 35 kV, cu posibilităţi de extindere la staţii de 110, 220, 400 kV şi în alte utilizări decît cele din staţii, precum şi a unui sistem de casete pentru tablouri sinoptice şi pupitre de comandă miniaturizate.

Experimentările făcute în perioadele martie-iulie 1968, iulie-octombrie 1968 şi ianuarie-mai 1969, timp de peste 5000 ore, au permis cuprinderea unor anotimpuri şi condiţii climatice diferite. Prin însuşi modul de dispunere a echipamentelor construite, atît în staţie cît şi în camera de comandă, inclusiv într-o zonă în care se efectuau demolări şi lucrări de extindere, s-au putut crea condiţii foarte severe de încercare. Atît comenzile individuale şi cu preselecţie, cît şi semnalizările de poziţie şi avarie realizate cu circuite logice tranzistorizate au fost experimentate pe întreruptoare şi separatoare de diferite construcţii (VEB Cottbus, Sachsenwerk, Delle) atît pentru comanda de la distanţă, cît şi pentru comanda manuală a separatoarelor. Verificarea experimentală a soluţiilor teoretice a arătat că acestea au fost stabilite corect. Deficienţele care au apărut sînt legate numai de conectoare, surse, sistemul de fixare a blocurilor UNILOG. În ceea ce priveşte conectoarele, a rezultat că ele trebuie înlocuite complet. Sursele de alimentare trebuie realizate în alte forme constructive şi este necesară îmbunătăţirea stabilităţii funcţionării. Sistemul de fixare a blocurilor a fost modificat, astfel încît nu a mai constituit o problemă. Consumul de curent rămîne destul de ridicat, şi aceasta se datoreşte mai ales consumului mare, de 10 mA, în stare de saturaţie la tranzistorul din modulele UNILOG-A, ceea ce este foarte mult în cazul echipamentelor de mare complexitate. Mai trebuie menţionat că modulele UNILOG-A cu tranzistoare cu germaniu, în număr de peste 2000 de bucăţi, cîte au fost întrebuinţate, s-au comportat ireproşabil.

Bibliografie

[1] Heilmann, H. *Elektronische Steuerung in Warten von Kraft- und Umspannwerken.* AEG Mitt. *53*, 1963, nr. 3/4, p. 75—80.

[2] Dobbelstein, F. şi Kathrein, W. *Die Simatic-Anlagenbildsteuerwarte im Umspannwerk Garenfeld.* Siemens-Zeitschrift *39*, 1965, nr. 10, p. 1155—1161.

[3] Pilgram, W. şi Kaltenecker, H. *Methodik und Aufbau der Siemens-Funktionsgruppenautomatik in Dampfkraftwerken.* Siemens-Zeitschrift *37*, 1963, nr. 10, p. 121—126.

[4] Schmudlach, V. şi Seidmann, R. *Prozesssteuerung mit Funktionsblöcken für die Kraftwerkautomatisierung.* BBC Nachrichten *47*, 1965, nr. 10/11.

[5] Freymeyer, P. şi Jung, M. *Die SIMATIC-Betätigungsebene in Dampfkraftwerken als unterste Steuerebene für die Automatisierung.* Siemens-Zeitschrift *38*, 1964, p. 129—135.

[6] Freymeyer, P. şi Jung, M. *Simatic-Steuersystem P für die Betätigungsebene in Wärmekraftwerken.* Siemens-Zeitschrift *42*, 1968, nr. 6, p. 436—442.

[7] Jung, M. şi Schmidt R. *Simatic-Steuersystem P für die Funktionsgruppenautomatik in Wärmekraftwerken.* Siemens-Zeitschrift *41*, 1967, p. 410—416.

[8] Moţoiu, C. *Extinderea centralei termoelectrice „Steaua Roşie" cu o unitate de vîrf de 100 MW.* Energetica, *15*, 1967, nr. 12, p. 538—549.

[9] Moisil, Gr. C. *Teoria algebrică a schemelor cu contacte şi relee.* Editura tehnică, Bucureşti, 1965.

[10] Moisil, Gr. C. *Théorie structurelle des automates finis.* Gauthier-Villars, Paris, 1967.

[11] Moisil, Gr. C. *The Algebric Theory of Switching Circuits.* Pergamon Press, 1969.

[12] Caldwell, S. H. *Switching Circuits and Logical Design.* J. Wiley, 1962.

[13] Porţeanu, M. *La commande logique transistorisée des interrupteurs dans les centrales et stations électriques.* Colloque International „Systèmes Logiques — Conception et Applications". Actes Part II, p. 1299—1326. Edition de l'Association Internationale pour le Calcul Analogique, Bruxelles, 1969.

[14] Porţeanu, M. *Sinteza circuitelor pentru comanda logică tranzistorizată a întrerupătoarelor din centrale şi staţii electrice.* Automatica şi electronica, *15*, 1971, nr. 1.

[15] Porţeanu, M. *Semnalizările preventive cu circuite logice tranzistorizate în centrale şi staţii electrice.* Energetica *19*, 1971, nr. 1, p. 42–48.

[16] Porţeanu, M. *Blocajul electric cu circuite logice tranzistorizate pentru acţionarea întrerupătoarelor şi separatoarelor din centrale şi staţii electrice.* Energetica *18*, 1970, nr. 4, p. 166–169.

[17] Porţeanu, M., Săndulescu, M. şi Marinescu, N. *Comanda cu preselecţie cu circuite logice tranzistorizate în centrale şi staţii electrice.* Sesiunea jubiliară de comunicări tehnico-ştiinţifice ISPE, martie 1969.

(Articol intrat în redacţie la 8 februarie 1971)

◆

Utilizarea prizelor de pămînt naturale pentru linii electrice aeriene

Ing. L. M. Goia *)

Utilizarea prizelor de pămînt naturale permite atît reducerea considerabilă a cantităţii de metal utilizat pentru construirea prizelor artificiale, cît şi economisirea unui important volum de muncă necesară executării acestora.

La construcţia liniilor electrice, drept prize de pămînt naturale pot fi utilizate:

— fundaţiile de beton armat;

— armăturile de oţel-beton ale stîlpilor.

În cadrul IRME s-au întreprins studii şi cercetări pentru precizarea domeniului de aplicare a metodelor de calcul şi a soluţiilor de perfecţionare a prizelor naturale ale liniilor de energie electrică aeriene (LEA).

Soluţionarea acestor deziderate s-a făcut prin calcul, prin măsurători pe model în cuvă electrolitică şi prin experimentări în sistem.

1. Calculul prizelor naturale

Calculul prizelor naturale analizate şi-a propus să determine:

— rezistenţa de dispersie a curenţilor în pămînt;

— tensiunile de atingere şi de pas la prize;

— rezistenţa la impuls;

— condiţiile de stabilitate termică ale acestor prize.

Calculul prizelor naturale se efectuează pe baza concluziilor din [1], [2], [3], confirmate de rezultatele practice obţinute de autor.

1.1. *Rezistenţa de dispersie*; *tensiuni de atingere şi de pas*

Cîmpul din zona prizelor de pămînt este un cîmp armonic, potenţialul fiecărui punct satisfăcînd ecuaţia lui Laplace

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 U}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 U}{\partial z^2}=0.$$

Soluţionarea acestei ecuaţii se poate face şi pentru cazul prizelor naturale. Relaţiile folosite sînt însă complicate, calculul devenind foarte laborios în cazul fundaţiilor armate tip ciupercă (cu talpă). Din acest motiv, pentru scopurile practice se utilizează modelarea în cuva electrolitică, ceea ce conduce la rezultate suficient de precise [6].

Rezistenţa de dispersie se poate determina [1] din relaţia

$$R=\frac{\rho_s}{H}\cdot K_f\cdot K_s, \tag{1}$$

în care

ρ_s este rezistivitatea medie a solului;

H — adîncimea de plantare a stîlpului sau a fundaţiei;

K_f — factor de formă sau coeficient de similitudine, determinat prin măsurători în cuvă [1];

K_s — coeficient de neuniformitate a solului (1,5...2) [1].

Distribuţia potenţialului se determină, de asemenea, mult mai uşor prin măsurători în cuvă asupra modelelor de prize [6].

Rezultatele obţinute la măsurători sînt prezentate în figura 1, în care se indică fundaţiile ce au fost modelate.

1.2. *Rezistenţa la impuls a prizelor naturale*

Curenţii de impuls de valoare ridicată distrug betonul. Densitatea minimă (critică) la care se poate petrece acest fenomen, în cazul fundaţiilor cu grosime redusă a betonului între armătură şi sol (3...3,5 cm) este de 17,5 A/cm² [8]. În această situaţie, prizele naturale studiate suportă, fără a se distruge, curenţii de trăsnet mai mari decît cei măsuraţi pînă în prezent ($I_{max} > 250$ kA).

Calculul prizelor la regimul de solicitare la impuls se efectuează în condiţii de mare precizie, cu ajutorul calculatoarelor, înlocuind elementele lor prin scheme echivalente de cvadripoli (T, π etc.).

Pe baza acestor date, calculele efectuate indică faptul că liniile electrice prevăzute doar cu prize naturale au curenţi de protecţie de valorile indicate în tabelul 1.

Considerînd satisfăcători curenţii de protecţie peste 40 kA, care se întîlnesc suficient de rar (în special în soluri cu rezistivitate ridicată), prizele naturale pentru stîlpii *Sn* 110102 sînt

---

*) Ing. Laurenţiu M. Goia este adjunct şef serviciu staţii şi reţele la I.R.M.E.

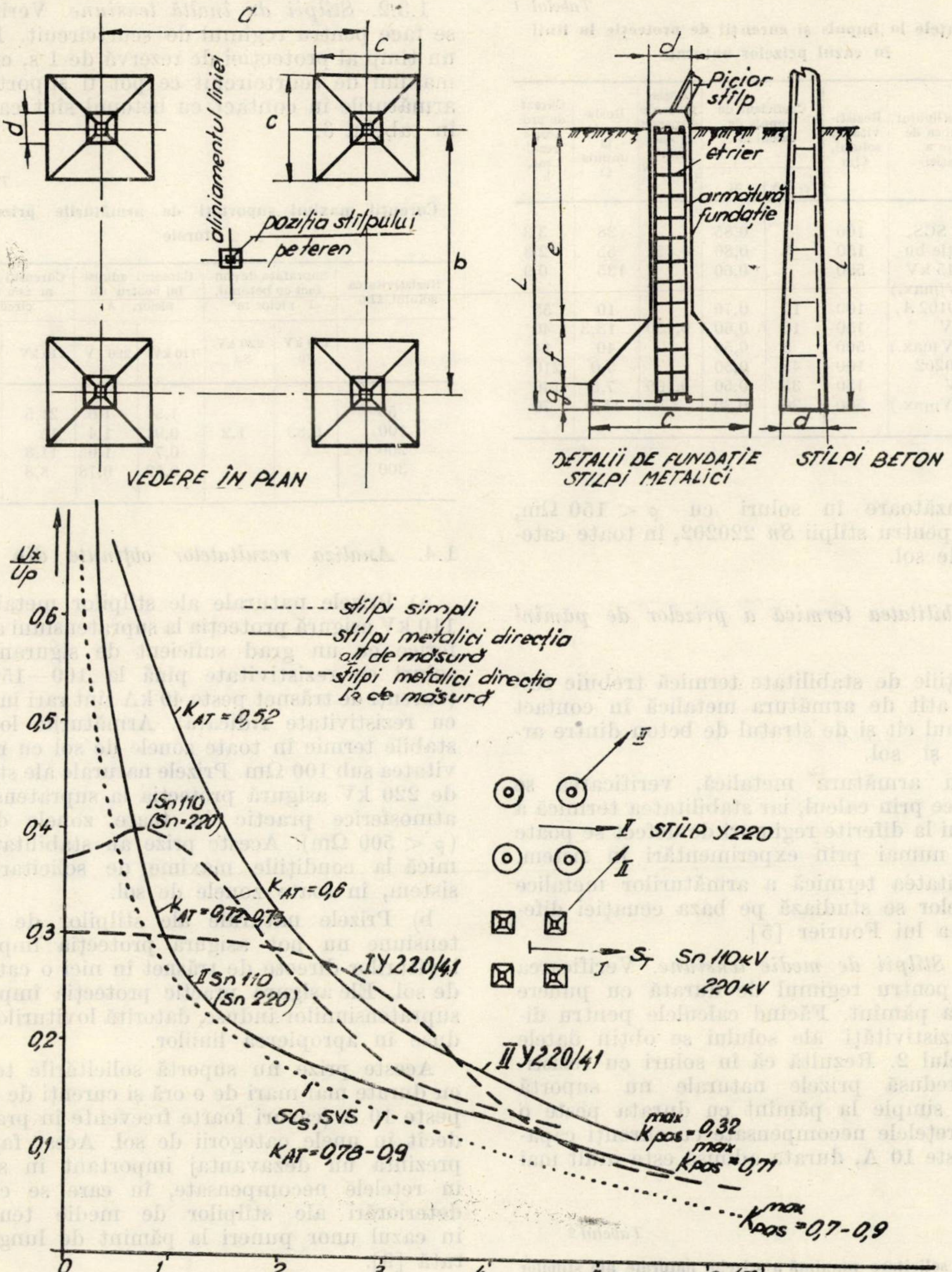

a
c
d
c
aliniamentul liniei
poziţia stîlpului
peteren
b
VEDERE ÎN PLAN
d
Picior stîlp
etrier
armătură fundaţie
c
d
DETALII DE FUNDAŢIE STÎLPI METALICI
STÎLPI BETON
Ux/Up
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
1
2
3
4
5
6 (m)
x distanţa
stîlpi simpli
stîlpi metalici direcţia a II-a de măsură
stîlpi metalici direcţia I-a de măsură
K_AT = 0,52
I Sn 110 (Sn 220)
K_AT = 0,6
K_AT = 0,72-0,75
I Y 220/41
II Sn 110 (Sn 220)
II Y 220/41
SC_S, SVS I
K_AT = 0,78-0,9
K_pas max 0,32
K_pas max = 0,71
K_pas max = 0,7-0,9
II
I
STÎLP Y220
S
Sn 110 kV
220 kV

Fig. 1. Tipurile de prize studiate şi distribuţia potenţialului în vecinătatea lor:

Tipul fundaţiei	a m	b m	c m	d m	e	f	g	l	Rezistenţa	
									$R_1 : \rho s$	$R_4 : \rho s$
Sn 110102 A	2,0	2,0	1,6	0,4	1,1	0,6	0,3	2,0	0,5	0,15
Sn 220202 A	4,5	3,0	1,7	0,6	1,8	0,65	0,25	2,7	0,2	0,1
SVS, SCS 12	–	–	–	0,35	–	–	–	1,8	0,4...0,45	

R_1 – rezistenţa unui picior; R_4 – rezistenţa a patru picioare.

Tabelul 1

Rezistențele la impuls și curenții de protecție la linii în cazul prizelor naturale

Nr. crt.	Tipul stîlpului (tensiunea de ținere a izolației)	Rezistivitatea solului, Ωm	Coeficient de impuls de calcul la: I_c, kA	Coeficient de impuls de calcul la: α_i	Rezistența de dispersie geometrică (1/m) $\frac{R}{\rho}$	Rezistența la impuls Ω	Curent de protecție rezultat, kA
1	SVS, SCS,	100		0,85		38	3,3
	fundație burată, 15 kV	150	5	0,80	0,45	55	2,3
	(125kV/max.)	500		0,60		135	0,9
2	Sn 110102 *A*,	100	16	0,70		10	55
	110 kV	150	10	0,60	0,150	13,3	40
	(550 kV max.)	500	5	0,50		40	14
3	Sn 220202	100	45	0,50		5,0	210
	220 kV	150	35	0,50	0,100	7,5	140
	(1050kVmax.)	500	20	0,30		15,0	70

corespunzătoare în soluri cu $\rho < 150$ Ωm, iar cele pentru stîlpii *Sn* 220202, în toate categoriile de sol.

1.3. *Stabilitatea termică a prizelor de pămînt naturale*

Condițiile de stabilitate termică trebuie respectate atît de armătura metalică în contact cu betonul cît și de stratul de beton dintre armătură și sol.

Pentru armătura metalică, verificarea se poate face prin calcul, iar stabilitatea termică a betonului la diferite regimuri de defect se poate verifica numai prin experimentări în sistem.

Stabilitatea termică a armăturilor metalice ale prizelor se studiază pe baza ecuației diferențiale a lui Fourier [5].

1.3.1. *Stîlpii de medie tensiune.* Verificarea se face pentru regimul de durată cu punere simplă la pămînt. Făcînd calculele pentru diferite rezistivități ale solului se obțin datele din tabelul 2. Rezultă că în soluri cu rezistivitate redusă prizele naturale nu suportă punerile simple la pămînt cu durata peste o oră. În rețelele necompensate cu curenți capacitivi peste 10 A, durata admisă este mult mai redusă.

Tabelul 2

Durata de solicitare maximă a prizelor naturale ale stîlpilor de medie tensiune (pentru un curent de 10 A)

Rezistivitatea solului, ρ_m	Tensiunea pe priză U_p, V	Durata t pentru U_p = 125 V, minute	Durata admisă t, minute
50	225	100	70
100	450	200	100
200	500	400	150
300	1 350	600	180

1.3.2. *Stîlpii de înaltă tensiune.* Verificarea se face pentru regimul de scurtcircuit. Pentru un timp al protecției de rezervă de 1 s, curenții maximi de scurtcircuit ce pot fi suportați de armăturile în contact cu betonul sînt calculați în tabelul 3.

Tabelul 3

Curenții maximi suportați de armăturile prizelor naturale

Rezistivitatea solului, Ωm	Suprafața de contact cu betonul, 1 picior/m²		Curentul admisibil pentru un picior, A		Curentul monofazat maxim de scurtcircuit, kA	
	110 kV *Sn*	220 kV *Sn*	110 kV	220 kV	110 kV	220 kV
50	0,83	1,2	1,3	1,9	21,5	31
100			0,91	1,4	15	21,5
200			0,7	1,05	11,8	17
300			0,52	0,78	8,8	13

1.4. *Analiza rezultatelor obținute din calcul*

a) Prizele naturale ale stîlpilor metalici de 110 kV asigură protecția la supratensiuni atmosferice cu un grad suficient de siguranță, în soluri cu rezistivitate pînă la 100—150 Ωm (curenți de trăsnet peste 40 kA sînt rari în soluri cu rezistivitate ridicată). Armăturile lor sînt stabile termic în toate zonele de sol cu rezistivitatea sub 100 Ωm. Prizele naturale ale stîlpilor de 220 kV asigură protecția la supratensiunile atmosferice practic în toate zonele de sol ($\rho < 500$ Ωm). Aceste prize au stabilitate termică la condițiile maxime de solicitare din sistem, în toate zonele de sol.

b) Prizele naturale ale stîlpilor de medie tensiune nu pot asigura protecția împotriva loviturilor directe de trăsnet în nici o categorie de sol. Ele asigură practic protecția împotriva supratensiunilor induse, datorită loviturilor produse în apropierea liniilor.

Aceste prize nu suportă solicitările termice cu durate mai mari de o oră și curenți de defect peste 10 A (cazuri foarte frecvente în practică) decît în unele categorii de sol. Acest fapt reprezintă un dezavantaj important în special în rețelele necompensate, în care se citează deteriorări ale stîlpilor de medie tensiune, în cazul unor puneri la pămînt de lungă durată [9].

c) Prizele naturale ale stîlpilor și fundațiilor nu pot asigura condițiile de protecție împotriva accidentelor. De aceea, în zonele locuite ele trebuie completate cu prize artificiale corespunzătoare.

Prizele naturale ale stîlpilor și fundațiilor au coeficienții maximi de pas inferiori coeficienților de atingere și deci calculul lor se poate face pe baza tensiunilor de atingere.

2. Comportarea în exploatare a prizelor naturale ale stîlpilor LEA

2.1. *Condiţii generale*

Pentru a verifica modul cum suportă prizele naturale condiţiile de solicitare la care pot fi supuse în exploatare, s-au executat probe şi încercări ale acestora în sistem. Probele urmăreau să verifice şi condiţiile de stabilitate termică pentru solicitări la curenţi intenşi ai betonului, care nu s-au putut stabili prin calcul.

În cadrul probelor s-a căutat majorarea artificială a efortului termic al prizelor, faţă de condiţiile de exploatare normală.

Verificarea comportării în exploatare s-a efectuat prin măsurarea rezistenţei de dispersie, a tensiunilor de atingere şi de pas şi a capacităţii de a suporta trecerea unor curenţi intenşi de frecvenţă industrială. Măsurările rezistenţei de dispersie şi a tensiunilor de atingere şi de pas s-au făcut comparativ cu curenţii mari şi mici de măsură (cu aparatul de măsurări la prize APP-2 şi grupuri electrogene mobile), iar stabilitatea termică s-a verificat prin simularea unor defecte în reţea.

Mai jos se prezintă probele cele mai semnificative şi rezultatele obţinute în cadrul măsurărilor efectuate.

2.2. *Date experimentale obţinute*

2.2.1. *Stîlpi de medie tensiune.* Din analiza datelor experimentale se pot deduce următoarele: rezistenţa de dispersie geometrică $\left(R_g = \frac{R}{\rho_s}\right)$ a prizelor naturale la stîlpii neprecomprimaţi, în fundaţie burată, oscilează între 0,44 şi 0,98 (1/m). Valorile rezistenţelor măsurate cu curent de defect mare (de ordinul 50–1500 A) rezultă mai reduse decît cele măsurate cu curenţi mici (de ordinul amperilor sau miliamperilor). Acest fenomen apare cel mai pregnant în evidenţă în cazul stîlpilor precomprimaţi, la care raportul rezistenţelor respective este 1 : 2,5.

Comparînd aceste rezultate cu cele oferite de relaţia (1), se poate trage concluzia că modul cum sînt actualmente construite carcasele de armătură ale stîlpilor nu asigură o utilizare integrală a prizei naturale decît la curenţi de defect mari.

În cazul punerilor simple la pămînt, nu toate elementele armăturii participă la conducerea şi dispersia curentului, fapt ce majorează rezistenţa prizei naturale. Coeficienţii de atingere ai prizelor naturale măsuraţi cu curenţi mici de defect sînt în general mai mari decît cei măsuraţi cu curenţi mari. Această constatare confirmă concluzia trasă mai sus.

Prizele naturale în fundaţie de beton monolit conduc curentul electric, rezistenţele geometrice de dispersie fiind de acelaşi ordin de mărime cu cele ale stîlpilor în fundaţii burate. Această constatare, valabilă pentru stîlpii de medie tensiune, infirmă indicaţiile din literatură [2], [4].

Tehnologia actuală de execuţie a stîlpilor de beton precomprimat (SVP, SE etc.) nu permite utilizarea prizei naturale a acestor stîlpi. Acest element reprezintă un handicap serios în utilizarea pe scară largă a prizelor naturale în reţelele de medie tensiune.

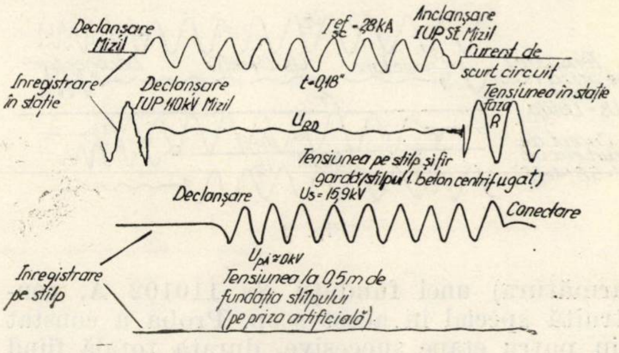


Fig. 2

2.2.2. *Stîlpii de înaltă tensiune.* S-au făcut experienţe asupra stîlpilor de metal în fundaţie de beton armat şi asupra stîpilor de beton în fundaţie de beton monolit.

În ceea ce priveşte fundaţiile armate, rezultatele obţinute confirmă datele măsurărilor din cuvă.

În cazul fundaţiilor de beton monolit pentru stîlpii de beton de 110 kV, din cauza grosimii mari a stratului de beton între armătură şi sol, acesta nu are umiditate suficientă şi nu conduce practic curentul.

La aceşti stîlpi, coeficientul de atingere are valoarea 1.

Constatarea aceasta s-a făcut în cadrul probei la stîlpul 2 SCS 1165 racord Mizil (fig. 2). La această probă tensiunea pe stîlp avea valoarea $U_{stilp} \cong 16$ kV iar potenţialul la 0,5 m de stîlp era nul.

Stabilitatea termică a betonului fundaţiilor armate s-a verificat în cadrul mai multor probe, dintre care cele mai semnificative pot fi considerate proba Solex şi proba Slatina.

— *Proba din staţia Solex.* S-a introdus un curent mare $I_p = 6{,}6$ kA$_{eff}$ prin armătura fundaţiei unui singur picior al unui stîlp metalic 110 kV al LEA Tămădău. Durata fenomenului, $t = 0{,}25$ s. S-au măsurat tensiunea pe armătură şi tensiunea pe piciorul metalic al stîlpului nelegat la armătură, care au fost găsite identice. Proba s-a repetat de două ori la interval scurt (durata totală 0,5 s). Fenomenul este prezentat în figura 3.

Din punctul de vedere al efectului termic, solicitarea respectivă este echivalentă cu un scurtcircuit monofazic $I_{sco} = 90$ kA (considerînd cele patru picioare şi firul de gardă)

Probele nu au condus la deteriorarea armăturii sau a betonului, deși solicitarea respectivă a fost atît de severă.

— *Proba din stația Slatina.* S-a introdus un curent de circa 880 A în priza naturală

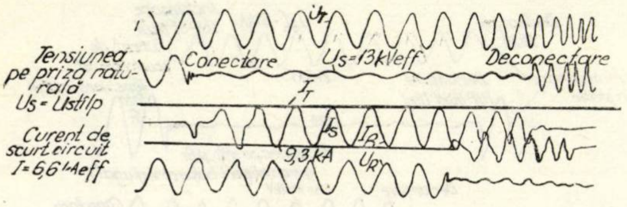


Fig. 3

(armătura) unei fundații *Sn* 110102 A, construită special în acest scop. Proba a constat din patru etape succesive, durata totală fiind de circa 7 minute.

Cu ocazia probelor s-au constatat : o evaporare intensă a apei din sol, uscarea pămîntului, încălzirea betonului, zgomote puternice (fig. 4). Uscarea pămîntului a făcut ca rezistența să crească de la 8 la 21 Ω. Betonul și armătura metalică a fundației și-au păstrat în totalitate integritatea, lucru ce s-a văzut după îndepărtarea parțială a betonului.

Se reține deci că, în fapt, condițiile de stabilitate termică din [5] sînt mult prea acoperitoare.

2.3. *Perfecționarea prizelor naturale actuale*

Pentru a beneficia de avantajele oferite de prizele naturale ale stîlpilor LEA și cu scopul creșterii siguranței în exploatare a acestora, se impun o serie de măsuri ce trebuie aplicate la construcția liniilor și a stîlpilor.

a) Legarea electrică sigură a armăturilor fundației armate cu piciorul stîlpului metalic.

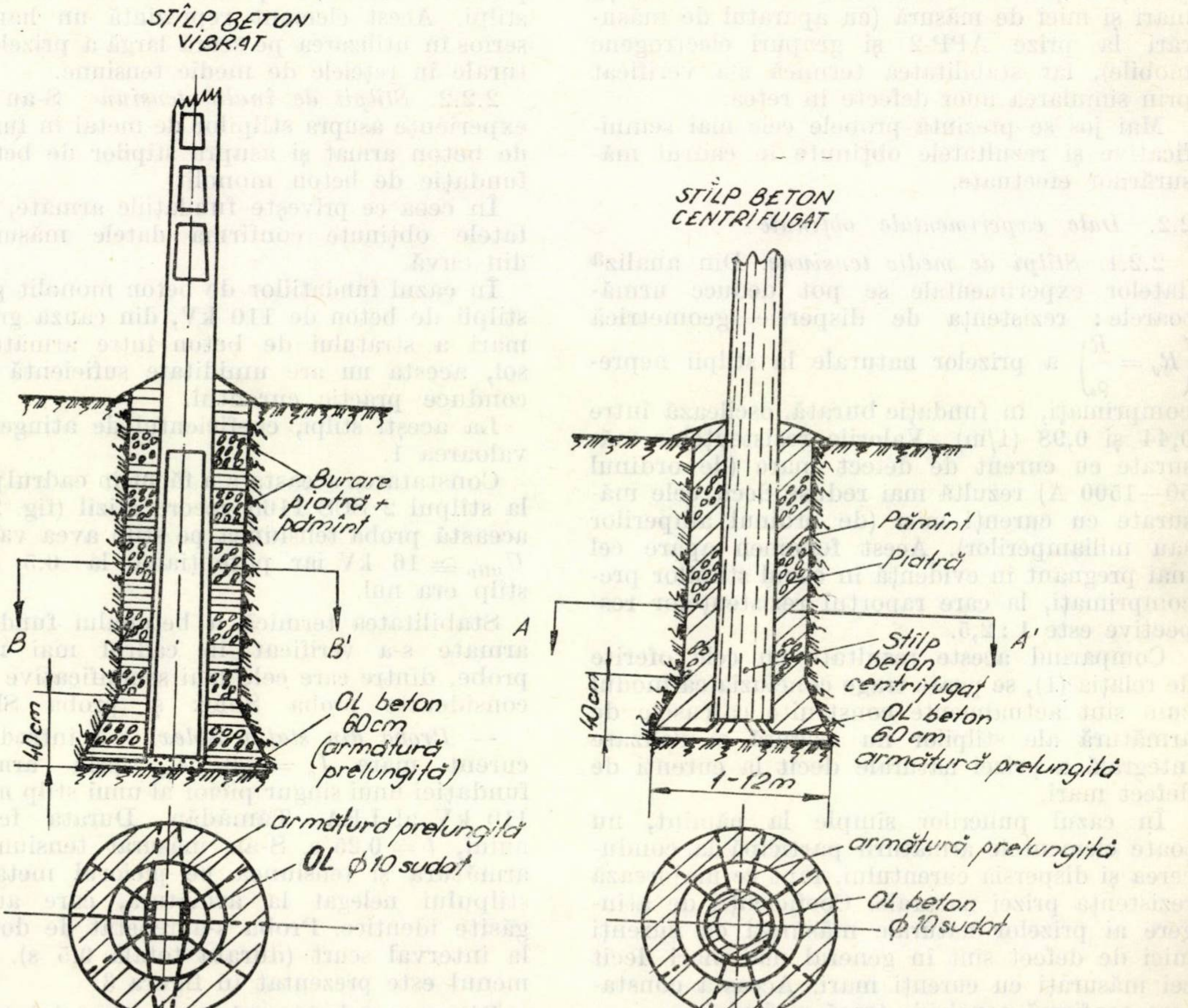

STÎLP BETON VIBRAT
Burare piatră + pămînt
A
B
B'
OL beton 60cm (armătură prelungită)
40cm
armătură prelungită
OL ϕ10 sudat
SECȚIUNEA B-B'
STÎLP BETON CENTRIFUGAT
Pămînt
Piatră
A
A'
Stîlp beton centrifugat
OL beton 60cm armătură prelungită
40cm
1-12m
armătură prelungită
OL beton ϕ10 sudat
SECȚIUNEA A-A'

Fig. 4

Aceasta se va face cu ajutorul unei platbande de oţel zincat 40×4 mm.

b) Modificări constructive ale prizelor naturale la stîlpii de medie tensiune. Pentru a asigura condiţiile de protecţie împotriva supratensiunilor atmosferice şi stabilitatea termică la defecte de durată în orice condiţii de sol, prizele naturale ale stîlpilor de medie tensiune trebuie perfecţionate. Astfel, armăturile metalice ale acestor stîlpi vor trebui prelungite la partea inferioară a stîlpului cu circa 50—60 cm, legate între ele electric şi plantate sub formă de evantai la fundul gropii (fig. 5).

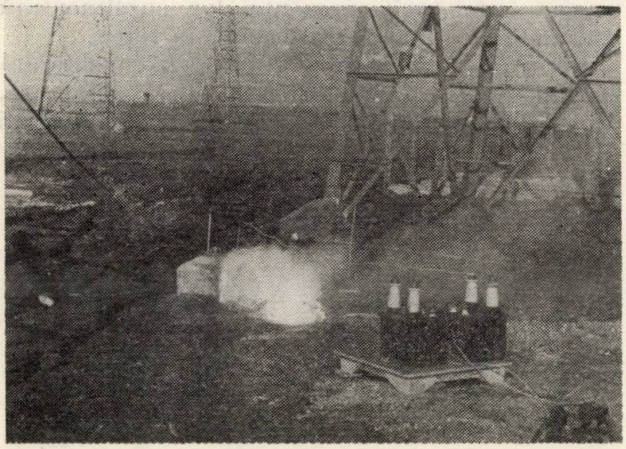


Fig. 5. Perfecţionarea prizelor naturale ale stîlpilor de medie tensiune.

În acest mod se asigură, de asemenea, şi utilizarea prizelor naturale ale stîlpilor cu armături pretensionate, stîlpi care se utilizează din ce în ce mai mult la construcţia liniilor de medie tensiune.

Din probele executate reiese că prizele modificate sînt stabile termic în reţelele compensate un timp de peste două ore în toate categoriile de sol. Ele au rezistenţa de dispersie cu 40% şi coeficienţii de atingere cu 10—20% mai reduşi ca la prizele obişnuite.

c) Utilizarea fundaţiei forate injectate pentru stîlpii de beton de 110 kV. Stîlpii de beton pentru linii de înaltă tensiune în fundaţiile monolit au rezistenţa de dispersie ridicată.

Pentru a se utiliza priza naturală a acestor stîlpi (armătura de beton) se propune înlocuirea fundaţiei actuale cu fundaţie de tip forat-injectat, ce conduce în bune condiţii curentul electric. Fundaţia forată posedă, conform măsurărilor efectuate în cuvă, rezistenţe de dispersie care asigură protecţia împotriva loviturilor directe în soluri cu rezistivitate pînă la 100 Ωm. ($I_{prot} = 40$ kA).

Concluzii

Calculele, măsurările în cuve şi probele „in situ" asupra prizelor naturale permit conturarea următoarelor concluzii generale :

Prizele naturale ale stîlpilor LEA reprezintă elemente cu rezistenţa de dispersie redusă, de care trebuie să se ţină seama la construcţia liniilor. Ele ieftinesc considerabil prizele artificiale în toate categoriile de reţele şi în orice zonă de sol.

Prizele naturale ale stîlpilor LEA au o durată de viaţă practic nelimitată datorită acţiunii protectoare, anticorosive a betonului. Pe baza acestei constatări, utilizarea prizelor naturale aduce uşurări exploatării liniilor, deoarece la măsurări nu mai sînt necesare dezgropări ale electrozilor pentru verificarea gradului de corodare.

Prizele naturale constituite conform propunerilor IRME au siguranţă mărită în exploatare.

Aplicarea practică a măsurilor propuse pentru liniile de 110—220 kV conduce la economii de 4. . .5000 lei la kilometrul de linie. De asemenea, se poate conta pe diminuarea costului de investiţii la construcţia liniilor de medie tensiune, mai ales în zonele cu circulaţie frecventă, precum şi pe scăderea numărului specific de declanşări la supratensiuni atmosferice la aceste linii.

Din motivele enunţate se consideră justificat să se părăsească practica actuală de construire a unor prize artificiale la stîlpii metalici ai liniilor de înaltă tensiune, indiferent de zona de sol.

Bibliografie

[1] Korsunţev, A. *Metodika rasciota soprotivlenii zazemleniia jelezobetonnîh fundamentov.* Elektriceskie stanţii *39*, nr. 11, 1968, p. 63—68.

[2] Katigrov, N. *O provodimosti jelezobetonnîh svainîh fundamentov opor LEP 154—500 kV.* Elektricestvo *82*, nr. 5, 1961, p. 13—15.

[3] Leiirich, V. *Elektroizolaţionnîe svoistva betonov pri raznîh usloviah ih ekspluataţii.* Elektricestvo *89*, nr. 11, 1968, p. 81—84.

[4] Mark, D. *Protecţia instalaţiilor electrice împotriva supratensiunilor atmosferice.* Editura tehnică, Bucureşti 1967.

[5] Koch, W. *Erdungen in Wechselstromanlagen über 1 kV.* Springer Verlag, Berlin, 1961.

[9] Goia, L. *Cuvă electrolitică pentru studiul pe model al prizelor de pămînt.* Electrotehnica *15*, nr. 10, 1968, p. 389—395.

[7] Korsunţev, A. *Primenenie teorii podobia k rasciotu impulsnîh haracteristik zazemlenii.* Electricestvo *71*, nr. 5, 1960, p. 5—11.

[8] Dolghinov, A. *Perenapreajeniia v elektriceskih setiah.* Gosenergoizdat, Moscova, 1968.

[9] Szpor, S. *Efectul dăunător al curenţilor de punere la pămînt pentru stîlpii de beton ai LEA.* Energetyka *22*, nr. 9, sept. 1968, p. 310—311.

[10] Mark, D. *Domeniul de utilizare şi calculul rezistenţei prizelor naturale ale LEA.* Energetica *12*, nr. 12, 1964, p. 629—632.

[11] Uffer, H. *Investigations and testing of footing type grounding electrodes for electrical installations.* I.E.E.E. Trans-PAS *83*, nr. 10, 1964, p. 1042—1048.

(Articol intrat în redacţie la 26 martie 1971(

◆

Calculul exact al repartiţiei tensiunii de-a lungul unui circuit cu capacităţi

Ing. C. Ambrozie*)

Recent a fost publicat în revista „Energetica" un foarte interesant şi util articol referitor la optimizarea repartiţiei tensiunii de-a lungul unui circuit cu capacităţi, cu aplicaţie la lanţurile de izolatoare pentru liniile de înaltă tensiune [1]. Reţeaua studiată în articolul respectiv are aspectul din figura 1, în care C reprezintă capacitatea proprie a izolatorului (între armături), C_1 capacitatea între armături şi masă, iar C_2 capacitatea dintre armături şi conductorul sub tensiune. La aplicarea unei tensiuni-treaptă de amplitudine U între conductorul sub tensiune şi masă, între punctul depărtat de masă la distanţa x şi masă se stabileşte tensiunea U_x, pentru care în [1] este dată expresia

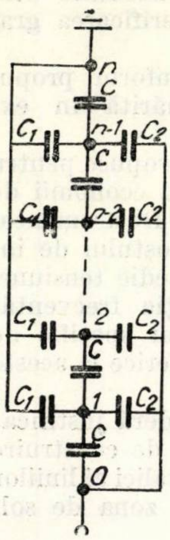


Fig. 1

$$U_x = A_1 \mathrm{e}^{ax} + A_2 \mathrm{e}^{-ax} + \frac{C_2}{C_1 + C_2} U, \tag{1}$$

în care

$$a = \sqrt{\frac{C_1 + C_2}{C}} \tag{2}$$

$$\left.\begin{aligned} A_1 &= \frac{C_1 + C_2 \mathrm{e}^{-al}}{2(C_1 + C_2)\,\mathrm{sh}\,al} U \\ A_2 &= -\frac{C_1 + C_2 \mathrm{e}^{al}}{2(C_1 + C_2)\,\mathrm{sh}\,al} U \end{aligned}\right\} \tag{3}$$

Pentru C, C_1, C_2 şi a sînt luate valorile pentru unitatea de lungime, pe care o alegem, în mod convenţional, egală cu distanţa dintre două puncte similare a două izolatoare succesive, astfel încît

$$l = n, \tag{4}$$

n fiind numărul izolatoarelor lanţului.

Relaţia (1) este riguros exactă pentru $n \to \infty$.

În cele ce urmează este expusă o metodă de calcul care dă valori exacte ale tensiunilor repartizate pentru orice n şi a.

Concluziile finale sînt bazate pe confruntarea rezultatelor după relaţia (1) şi după metoda prezentată.

Metoda de calcul

Dacă adăugăm la capetele reţelei din figura 1 în şirul capacităţilor C_1 încă o capacitate C_1 şi în şirul capacităţilor C_2 încă o capacitate C_2, aşa cum se arată în figura 2, ambele capacităţi adăugate se află sub tensiunea de intrare în reţea, astfel încît prezenţa lor suplimentară nu modifică repartiţia tensiunii în reţea.

Noua reţea din figura 2 poate fi considerată ca fiind alcătuită, pentru un lanţ de n izolatoare, dintr-o succesiune de n tetrapoli (cvadripoli generalizaţi) liniari şi pasivi, cu structura conform figurii 3 şi conectaţi între ei ca în figura 4 (polii *1* şi *2* în derivaţie sub tensiunea de intrare în lanţ, iar polii *3* şi *4* înseriaţi între ei şi conectaţi la extremităţi sub aceeaşi tensiune de intrare în lanţ. Tetrapolului de indice k din reţea îi corespunde izolatorul k din lanţ.

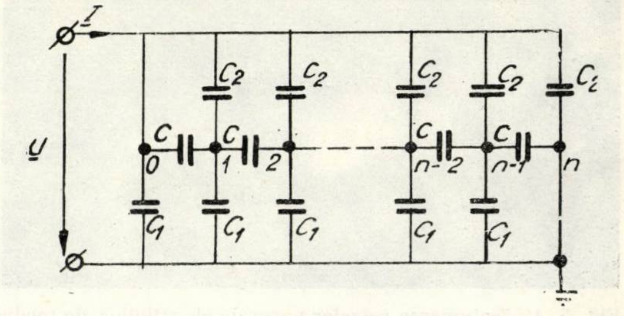


Fig. 2

Considerînd tetrapolul utilizat în regim sinusoidal, curenţii $\underline{I}_1$, $\underline{I}_2$, $\underline{I}_3$ şi $\underline{I}_4$ sînt curenţii de intrare prin polii tetrapolului, iar tensiunile $\underline{U}_1$, $\underline{U}_2$ şi $\underline{U}_3$ sînt tensiunile între polul de indice respectiv şi polul *4*. Conform teoriei tetrapolilor [2], [3] putem defini admitanţele $\underline{Y}_{ij}$ $(i,\ j = 1,\ 2,\ 3)$ ca admitanţe complexe de transfer între polii i şi j, prin relaţia

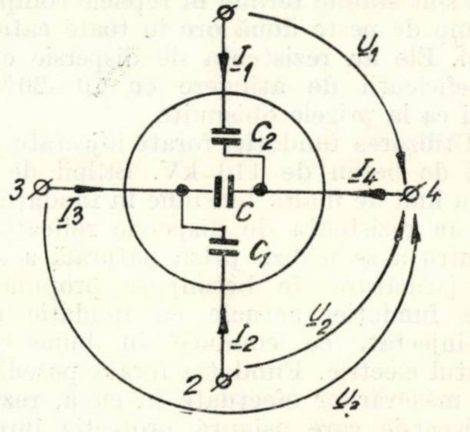


Fig. 3

$$\underline{Y}_{ij} = \left(\frac{\underline{I}_i}{\underline{U}_j}\right)_{\underline{U}_h} = 0 \text{ pentru } h \neq j \tag{5}$$

---

*) Ing. Corneliu Ambrozie este conferenţiar la Facultatea de electrotehnică a Universităţii din Craiova.

și putem scrie sistemul de ecuații independente care caracterizează comportarea unui tetrapol liniar și pasiv:

$$\left.\begin{aligned}\underline{I}_1 &= \underline{Y}_{11}\,\underline{U}_1 + \underline{Y}_{12}\,\underline{U}_2 + \underline{Y}_{13}\,\underline{U}_3\\ \underline{I}_2 &= \underline{Y}_{21}\,\underline{U}_1 + \underline{Y}_{22}\,\underline{U}_2 + \underline{Y}_{23}\,\underline{U}_3\\ \underline{I}_3 &= \underline{Y}_{31}\,\underline{U}_1 + \underline{Y}_{32}\,\underline{U}_2 + \underline{Y}_{33}\,\underline{U}_3\end{aligned}\right\}\quad(6)$$

observînd, pe baza primei teoreme a lui Kirchhoff, că

$$\underline{I}_4 = -(\underline{I}_1 + \underline{I}_2 + \underline{I}_3). \quad (7)$$

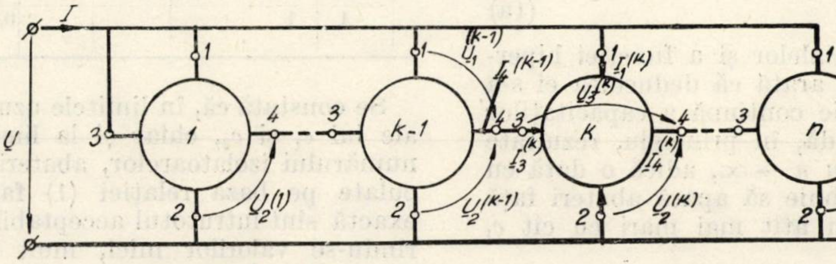


Fig. 4

Pe baza relației de definiție (5), la tetrapolul utilizat avem:

$$\left.\begin{aligned}&\underline{Y}_{11} = j\omega C_2\,; \; \underline{Y}_{12} = 0\,; \quad \underline{Y}_{13} = 0\\ &\underline{Y}_{21} = 0\,; \quad \underline{Y}_{22} = j\omega C_1\,; \quad \underline{Y}_{23} = -\,j\omega C_1\\ &\underline{Y}_{31} = 0\,; \quad \underline{Y}_{32} = -\,j\omega C_1\,; \; \underline{Y}_{33} = j\omega(C + C_1)\end{aligned}\right\}(8)$$

și deci sistemul (6) capătă, pentru tetrapolul k din rețea ($k = 1, \ldots, n$), aspectul particular:

$$\left.\begin{aligned}\underline{I}_1^{(k)} &= j\omega C_2 . \underline{U}_1^{(k)}\\ \underline{I}_2^{(k)} &= j\omega C_1 \underline{U}_2^{(k)} - j\omega\, C_1 \underline{U}_3^{(k)}\\ \underline{I}_3^{(k)} &= -\,j\omega C_1\,\underline{U}_2^{(k)} + j\omega\,(C + C_1)\,\underline{U}_3^{(k)}\end{aligned}\right\}(9)$$

Conectarea tetrapolilor din figura 4 ne permite să scriem:

$$\underline{I}_3^{(k)} = -\,\underline{I}_4^{(k-1)}\,; \; k = 2, \ldots, n. \quad (10)$$

Folosind relații similare lui (7) și (9) pentru tetrapolul $k - 1$, împreună cu expresia lui $I_3^{(k)}$ din (9), relația (10) capătă aspectul:

$$-\,C_1\underline{U}_2^{(k)} + (C + C_1)\underline{U}_3^{(k)} = C_2\underline{U}_1^{(k-1)} + C\underline{U}_3^{(k-1)}. \quad (11)$$

Pe baza figurilor 3 și 4 putem scrie:

$$\left.\begin{aligned}&\underline{U}_1^{(k-1)} = \underline{U} + \underline{U}_2^{(k-1)}\\ &\underline{U}_3^{(k)} = \underline{U}_2^{(k)} - \underline{U}_2^{(k-1)}\\ &\underline{U}_3^{(k-1)} = \underline{U}_2^{(k-1)} - \underline{U}_2^{(k-2)}\\ &[\underline{U}_2^{(k)}]_{k=n} = \underline{U}_2^{(n)} = 0\\ &[\underline{U}_2^{(k-2)}]_{k=2} = \underline{U}_2^{(0)} = -\,\underline{U}\end{aligned}\right\}(12)$$

Tensiunile ce trebuie determinate la repartiție sînt:

$$\underline{U}_k = -\,U_2^{(k)}\,; \quad k = 1, \ldots, n-1. \quad (13)$$

După introducerea lui (12) și (13) în (11), ținînd seamă că rețeaua din figura 4 este pur capacitivă (deci toate tensiunile $\underline{U}_k$ sînt în fază între ele și în fază cu $\underline{U}$) și notînd mărimile raportate

$$\left.\begin{aligned}\frac{U_k}{U_1} &= u_k\\ \frac{C_1}{C} &= c_1\\ \frac{C_2}{C} &= c_1\end{aligned}\right\}(14)$$

împreună cu $c_1 + c_2 = a^2$, conform notației (2), relația (11) capătă aspectul

$$\left.\begin{aligned}&u_{k-2} - (a^2 + 2)\,u_{k-1} + u_k = -\,c_2\\ &\text{cu } k = 2, \ldots, n\,; \; u_0 = 1\,; \; u_n = 0\end{aligned}\right\}(15)$$

adică, dînd lui k valorile succesive indicate, alcătuim un sistem liniar de $n - 1$ ecuații cu $n - 1$ necunoscute ($u_1, \ldots, u_{n-1}$) și avem astfel posibilitatea, prin rezolvarea sistemului de ecuații, să determinăm repartiția exactă a tensiunii de-a lungul lanțului de izolatoare.

Dacă interesează și căderile de tensiune pe izolatoarele lanțului, acestea sînt date, pentru izolatorul k, de

$$\left.\begin{aligned}&\Delta u_k = u_{k-1} - u_k\\ &\text{cu } k = 1, \ldots, n\,; \; u_0 = 1\,; \; u_n = 0\end{aligned}\right\}(16)$$

cele mai mari fiind, la $c_1 = c_2$, căderile de tensiune pe izolatoarele extreme ale lanțului, adică $\triangle u_1$ și $\triangle u_n$, iar pentru $c_1 \neq c_2$ una din acestea două.

Rezolvarea pentru n relativ mic se poate face direct, iar pentru n relativ mare este preferabilă utilizarea unui calculator electronic. O asemenea rezolvare pe calculator poate fi folosită și la tabelarea valorilor tensiunilor raportate u_k ($k = 1, \ldots, n - 1$) pentru valorile uzuale ale lui n, c_1, c_2, în scopul utilizării în proiectare.

Date comparative

Pentru efectuarea calculelor, introducînd în (1) notaţiile (14) şi ţinînd seamă de (4), relaţia (1) este comodă sub forma

$$u_x = \frac{c_2}{a^2}\left[1 + \frac{(c_1/c_2+\mathrm{e}^{-an})\mathrm{e}^{ax}-(c_1/c_2+\mathrm{e}^{an})\mathrm{e}^{-ax}}{2\ \mathrm{sh}\ an}\right] \tag{1a}$$

Prezenţa exponenţialelor şi a funcţiei hiperbolice sh în expresie arată că deducerea ei s-a bazat pe o distribuţie continuă a capacităţilor şi deci utilizarea ei dă, în principiu, rezultate riguros exacte pentru $n \to \infty$, adică o dată cu micşorarea lui n trebuie să apară abateri faţă de valoarea reală cu atît mai mari cu cît c_1 şi c_2 sînt mai mari.

Sub aspect practic, prezintă interes abaterile în limitele uzuale ale parametrilor lanţurilor de izolatoare utilizate. Pentru linii de înaltă tensiune, numărul minim de izolatoare este $n = 6$, iar pentru capacităţi se pot considera rapoartele $c_1 = 0{,}1$ şi $c_2 = 0{,}03, \ldots, 0{,}2$ [1]. Dintre căderile de tensiune pe izolatoare sînt de aşteptat abateri maxime la cele extreme, adică pentru $n = 6$, la $\Delta u_1 = 1 - u_1$ şi $\Delta u_6 = u_5$.

Alcătuind, pentru $n = 6$, sistemul de ecuaţii (15), obţinem

$$\left.\begin{aligned}
&u_1 = \frac{D_1}{D}, \quad u_5 = \frac{D_5}{D},\\
&\text{în care}\\
&D = (a^2+2)\,[(a^2+2)^2-1][(a^2+2)^2-3]\\
&D_1 = (a^2+2)\,[c_2\,(a^2+3)+[(c_2+1)(a^2+2)+\\
&\qquad + c\,]\,[(a^2+2)^2-2]]-\\
&\qquad - (c_2+1)\,[(a^2+2)^2-1]\\
&D_5 = 1 + c_2\,[1+(a^2+2)\,[(a^2+1)(a^2+3)^2-\\
&\qquad - (a^2+2)]]
\end{aligned}\right\} \tag{1b}$$

Pentru Δu_1 şi Δu_6, în tabel sînt indicate în coloanele I valorile exacte calculate cu (16), iar în coloanele II atît valorile calculate cu (1a), unde $x = 5$ pentru u_1 şi $x = 1$ pentru u_5, cît şi abaterile faţă de valorile exacte.

n	c_1	c	Δu_1			Δu_6		
			I	II	%	I	II	%
6	0,1	0,03	0,260	0,261	+0,4	0,138	0,138	0
		0,05	0,244	0,246	+0,8	0,162	0,163	+0,6
		0,1	0,214	0,215	+0,5	0,214	0,215	+0,5
		0,2	0,170	0,171	+0,6	0,294	0,296	+0,7
	0,5	0,5				0,312	0,318	+1,9
	1	1				0,366	0,379	+3,5

Se constată că, în limitele uzuale de existenţă ale lui c_1 şi c_2, chiar şi la limita inferioară a numărului izolatoarelor, abaterile valorilor calculate pe baza relaţiei (1) faţă de valoarea exactă sînt întrutotul acceptabile, aceasta datorîndu-se valorilor mici, mult subunitare, ale lui c_1 şi c_2. Într-adevăr, cu cît c_1 şi c_2 sînt mai mari, cu atît abaterile devin mai mari, lucru ce se observă din tabel, unde s-au comparat valorile lui Δu_6 şi pentru valorile neuzitate $c_1 = c_2 = 0{,}5$ şi 1 (la $c_1 = c_2$ avem $\Delta u_1 = \Delta u_6$)

Concluzii

1. Metoda prezentată permite determinarea exactă a repartiţiei tensiunii în reţelele capacitive din figurile 1 şi 2, pentru orice valori ale lui n, c_1 şi c_2 prin rezolvarea unui sistem de $n - 1$ ecuaţii (15).

2. Cu ajutorul metodei expuse s-a putut stabili că pentru toate lanţurile de izolatoare uzuale în liniile de înaltă tensiune se poate aplica relaţia (1), prezentată în [1], deoarece dă valori care au abateri pozitive neglijabile faţă de valorile exacte; aceste abateri cresc o dată cu scăderea lui n şi cu creşterea lui c_1 şi c_2.

Bibliografie

[1] Drăgan, G., Cristescu, D. şi Golovanov, N. *Optimizarea repartiţiei tensiunii de-a lungul unui circuit cu capacităţi.* Energetica 19, nr. 3, 1971.

[2] Preda, M. *Bazele electrotehnicii, II. Circuite electrice.* Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1969.

[3] Şora, C. *Cvadripolul electric.* Editura tehnică, Bucureşti, 1964.

(Articol intrat în redacţie la 7 mai 1971)

◆

Diakoptica — metodă de analiză a rețelelor electrice

Ing. J. Constantinescu*)

Termenul „diakoptica", introdus de Gabriel Kron, a rezultat din combinarea cuvintelor grecești „dia" (a secționa) și „kopto" (prin). Ca metodă de analiză, diakoptica permite obținerea soluției generale care descrie funcționarea unui sistem fizic din soluțiile parțiale — corespunzînd funcționării izolate — ale subsistemelor ce-l compun.

Dintre avantajele oferite de această metodă la studiul rețelelor electrice se menționează:

— posibilitatea de a soluționa rețele electrice extinse cu ajutorul unor calculatoare avînd un spațiu de memorare de dimensiuni medii;

— ușurarea recalculării regimurilor de funcționare în cazul unor modificări locale ale parametrilor rețelei.

Această lucrare începe cu stabilirea ecuației fundamentale a diakopticii, după care se expun cîteva tehnici practice de aplicare a metodei.

Ecuația fundamentală

Pentru o rețea fără impedanțe mutuale, prin partiționarea matricelor de impedanțe (admitanțe) ale laturilor în raport cu arborele și coarborele, se poate scrie**):

$$\widetilde{Z} = \left|\begin{matrix} \widetilde{Z}_1 & \\ & \widetilde{Z}_2 \end{matrix}\right| \qquad \widetilde{Y} = \left|\begin{matrix} \widetilde{Y}_1 & \\ & \widetilde{Y}_2 \end{matrix}\right| \tag{1}$$

în care indicele 1 se referă la arbore, indicele 2 se referă la coarbore, iar matricele pătrate diagonale Z și Y au dimensiunea egală cu numărul de laturi ale grafului rețelei.

Matricele impedanțelor de buclă și ale admitanțelor nodale se scriu ținînd seama de definiția acestora:

$$Z_{cc} = C\widetilde{Z}^t = \widetilde{Z}_2 + C_1\widetilde{Z}_1C_1{}^t \tag{2}$$

$$Y_{nn} = A\,\widetilde{Y}\,A^t = Y_a + A_2\,\widetilde{Y}_2\,A_2^t \tag{3}$$

în care

$A = |A_1\ A_2|$ este matricea de incidență a laturilor la nodurile independente;

$C = |C_1\ 1|$ — matricea de incidență a laturilor la buclele independente (fundamentale).

În ambele matrice coloanele sînt asociate laturilor.

$$Y_a = A_1\,\widetilde{Y}_1\,A_1^t \tag{4}$$

Y_a este matricea admitanțelor nodale scrisă pentru arborele rețelei.

Relația de legătură între submatricele A_1, A_2 și C_1 este

$$C_1 = -\,A_1^t\,A_2^t \tag{5}$$

cu ajutorul căreia ecuația (2) devine

$$Z_{cc} = \widetilde{Z}_2 + A_2^t\,Z_aA_2 \tag{6}$$

în care

$$Z_a = A_1^{-1}\,\widetilde{Z}_1\,A_1^{-1} \tag{7}$$

reprezentînd matricea impedanțelor de buclă a unui graf auxiliar obținut din arborele rețelei, completat cu un sistem de coarde care unesc fiecare nod cu nodul de referință al grafului.

Ecuațiile care servesc la soluționarea regimului rețelei din metodele buclelor independente, respectiv nodurile independente, sînt:

$$Z_{cc}\,I_c = E_c \tag{8}$$

$$Y_{nn}\,V_n = I_n \tag{9}$$

în care I_c și E_c reprezintă curenții, respectiv tensiunea electromotoare, de bucle, iar I_n și V_n reprezintă curenții și tensiunile nodurilor, ultimele fiind luate în raport cu nodul de referință.

În cele ce urmează se are în vedere metoda nodală ca metodă de analiză a funcționării rețelei.

Determinarea vectorului V_n al necunoscutelor problemei implică inversarea matricei coeficienților sistemului de ecuații (9). Ținînd seama de relația (3), se găsește

$$Z_{nn} = Y_{nn}^{-1} = Z_a - Z_a\,A_2\,(\widetilde{Z}_2 + A_2^t\,Z_aA_2)^{-1}\,A_2^tZ_a \tag{10}$$

sau, folosind și relația (2),

$$Z_{nn} = Z_a - Z_a\,A_2\,Z_{cc}^{-1}\,A_2^tZ_a\,. \tag{11}$$

Relația (11) permite calculul matricei impedanțelor nodale ale rețelei, cunoscînd matricea impedanțelor nodale ale arborelui și matricea impedanțelor de bucle.

Vectorul tensiunilor nodale, calculat din (9), este

$$V_n = (Z_a - Z_a\,A_2\,Z_{cc}^{-1}\,A_2^t\,Z_a)\,I_n = V_n^1 + \Delta V_n \tag{12}$$

în care

$$V_n^1 = Z_a\,I_n \tag{13}$$

$$\Delta V_n = -\,Z_a\,A_2\,Z_{cc}^{-1}A_2^tZ_a\,I_n = Z_a\,A_2\,I_s \tag{14}$$

Observații. 1. Ecuația (12), scrisă pentru matrice Z_a simetrice, este adesea întîlnită în literatură sub forma

$$V_n = (Z_1 - Z_2\;Y_4\,Z_2^t)\,I_n \tag{15}$$

cu notațiile

$$Z_2 = Z_a\,A_2\,;\; Y_4 = Z_4^{-1} = Z_{cc}^{-1}\,;\, Z_1 = Z_a \tag{16}$$

2. Ecuația (12) este valabilă și în cazul în care Z_a corespunde unei rețele buclate, iar Z_2 unui grup de laturi adăugate

---

*) Jean Constantinescu este inginer la ICENERG.

**) Orice simbol care apare în lucrare reprezintă matrice; abaterile de la regulă sînt precizate suplimentar.

între noduri existente. Submatricea de incidență A_2 exprimă în această situație incidența laturilor-coardă adăugate rețelei existente.

Vectorul V_n corespunde tensiunilor nodale înainte de conectarea laturilor de interconexiune, iar ΔV_n abaterilor de la tensiunile V_n datorate curenților I_s prin laturile adăugate.

Relația (12) se mai scrie, deci :

$$V_n = Z_a (I_n + A_2 I_s) \tag{17}$$

Stabilirea metodei diakoptice

Se ia în considerare o rețea al cărei arbore este lagrangian, adică toate ramurile sale sînt incidente la un nod comun (fig. 1).

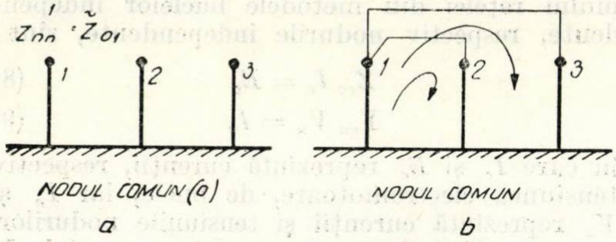


Fig. 1

Matricea Y_a (deci și Z_a) este diagonală, fiecare element diagonal reprezentînd admitanța (impedanța) nodală a nodului considerat, egală cu admitanța (impedanța) laturii incidente la nod.

Introducerea de laturi-coardă între nodurile arborelui conduce la definirea unui sistem de bucle independente, fiecare din ele fiind incidentă la nodul comun.

Problema se tratează identic, în loc de noduri simple considerînd subrețele legate de nodul comun prin intermediul unui ansamblu de laturi transversale.

Presupunînd cunoscute impedanțele nodale ale subrețelelor, matricea impedanțelor nodale ale rețelei complete, în care subrețelele sînt „interconectate" numai prin intermediul nodului comun (fig. 2), are forma bloc-diagonală

$$Z_a = \begin{vmatrix} Z_{nn}^1 & \\ & Z_{nn}^2 \end{vmatrix} \tag{18}$$

Analogia dintre rețelele din figurile 1 și 2 permite definirea pentru rețeaua din figura 2 a unor noduri (subrețele) generalizate și laturi (ansambluri) generalizate de laturi de legătură cu nodul comun și între subrețele.

Relația (11) își păstrează valabilitatea, cu următoarele precizări :

a) Matricea de incidență A_2 are ca elemente submatrice care specifică incidența laturilor aparținînd coardei generalizate la nodurile subrețelelor adiacente.

b) Matricea Z_2, pătrată și diagonală, are liniile și coloanele aranjate în ordinea coloanelor matricei A_2. Se compune din submatrice diagonale în care se dispun impedanțele laturilor-coardă ce aparțin coardelor generalizate.

Dezvoltarea relației (6) și analiza matricei impedanțelor de buclă Z_{cc} sugerează procedeul practic, direct, de construcție a acestei matrice (vezi anexa) :

— liniile și coloanele corespund laturilor-coardă de interconexiune a subrețelelor ;

— elementele diagonale sînt egale cu suma dintre impedanța laturii-coardă care interconectează subrețelele A și B și impedanțele nodale proprii (extrase din Z_{nn}^A și Z_{nn}^B) asociate nodurilor unite de coardă ;

— elementele nediagonale se obțin prin sumarea algebrică a impedanțelor de transfer din Z_{nn}^A și Z_{nn}^B, asociate perechilor de noduri (pot fi și confundate) din subrețeaua A și din subrețeaua B incidente la coarde.

Suma este aritmetică dacă cele două laturi-coardă sînt orientate la fel față de subrețeaua care conține perechea de noduri (sau nodul).

Vectorul I_s al curenților prin coardele de interconexiune este soluția unui sistem de ecuații de buclă definit de mulțimea acestor laturi-coardă.

Fiecare buclă este incidentă la nodul comun al subrețelelor și este excitată de o tensiune electromotoare egală cu căderea de tensiune în lungul coardei de definiție.

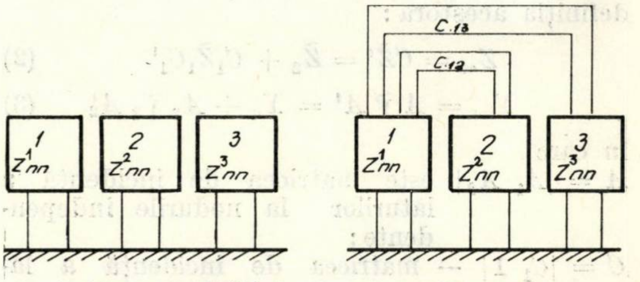


Fig. 2

Forma diagonală a matricei Z_a permite determinarea primului termen al ecuației (12), soluționează, independent și prin oricare metodă, fiecare subrețea, rezultînd vectorul V_n.

Termenul al doilea al ecuaţiei (12), datorat introducerii laturilor de interconexiune, se obţine cunoscînd soluţiile parţiale $V_n^1 = Z_a I_n$ şi matricele A_2 şi Z_{cc}.

Procedeul de calcul al matricei impedanţelor buclelor definite de coardele de legătură a subreţelelor $Z_4 = Z_{cc}$ a utilizat elemente din matricele impedanţelor nodale ale subreţelelor Z_{nn}^k. Este avantajos dacă însăşi metoda de soluţionare a subreţelelor necesită determinarea matricelor Z_{nn}^k.

În continuare, elementele matricei Z_{cc} se calculează din matricele de impedanţe a două tipuri de reţele reduse echivalente.

Determinarea efectului interconexiunilor prin utilizarea reţelelor reduse echivalente

Folosirea ecuaţiilor nodale

În capitolul precedent s-a arătat modul practic de construcţie a matricei Z_{cc}, folosindu-se numai acele elemente din matricele Z_{nn}^k care corespund nodurilor incidente la laturile de interconexiune (noduri de interconexiune).

Avînd în vedere acest aspect, se partiţionează sistemul de ecuaţii (9), scris pentru subreţeaua k, în raport cu nodurile de interconexiune. Mărimile asociate acestor noduri sînt afectate de indicele I, iar celelalte de indicele r

$$\begin{vmatrix} Y_{ii} & Y_{ir} \\ Y_{ri} & Y_{rr} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} V_i \\ V_r \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} I_i \\ I_r \end{vmatrix} \tag{19}$$

Eliminînd variabilele V_r din primul grup de ecuaţii prin folosirea ecuaţiilor din grupul al doilea, se obţine

$$Y'_{ii} V_i = I'_i \tag{20}$$

în care

$$I'_i = I_i - Y_{ir} Y_{rr}^{-1} I_r \tag{21}$$

$$Y'_{ii} = Y_{ii} - Y_{ir} Y_{rr}^{-1} Y_{ri} \tag{22}$$

Inversarea matricei Y'_{ii} a reţelei echivalente reduse produce o matrice de impedanţe nodale Z'_{ii}, ale cărei elemente sînt identice cu elementele din Z_{nn}^k corespunzătoare nodurilor de interconexiune.

Procesul de eliminare este avantajos dacă se elimină pe rînd cîte o variabilă, se extrag din matrice axele ce-i corespund şi dacă ecuaţiile (9) nu se scriu de la început pentru întreaga subreţea.

Procesul de formare a matricei Y'_{ii} capătă un caracter constructiv-eliminatoriu şi se desfăşoară astfel (vezi anexa):

1. Se începe cu oricare nod al subreţelei şi se rezervă axe în matricea Y'_{ii} pentru el şi pentru nodurile adiacente.

2. Se adună admitanţele laturilor de legătură între nod şi nodurile adiacente (cu semn schimbat pentru elementele nediagonale) la elementele corespunzătoare ale matricei iniţial nule. Dacă nodul considerat este din grupul i se trece la pct. 5.

3. Se modifică elementele matricei Y'_{ii} (formată pînă la această etapă), exceptînd cele situate pe axele nodului considerat, conform relaţiei (22), în care mărimile au semnificaţia unor admitanţe simple.

4. Se extrag din matrice axele nodului care se elimină.

5. Se consideră următorul nod din lista nodurilor pentru care s-au rezervat axe în Y'_{ii} pînă la această etapă; dacă nu s-au considerat toate nodurile se revine la pct. 2.

Procedeul expus permite ca la un moment dat al calculului să se opereze pe o matrice cu dimensiuni mici, care necesită un spaţiu de memorare pe calculator redus.

În final, matricele Y'_{ii}, pentru fiecare subreţea, cu dimensiunea egală cu numărul nodurilor de interconexiune, se inversează, iar apoi, cu algoritmul prezentat în capitolul anterior, se găseşte matricea Z_{cc}.

Folosirea ecuaţiilor de bucle

Sistemul de ecuaţii de bucle (8) care descrie funcţionarea întregii reţele în spaţiul de referinţă al buclelor se reduce la cele i ecuaţii care determină curenţii I_s prin coardele de interconexiune ale subreţelelor. Se obţine astfel direct matricea Z_{cc} a coeficienţilor sistemului redus fără a mai fi nevoie de algoritme şi inversări suplimentare ca în cazul precedent.

Pentru economisirea spaţiului de înmagazinare a datelor se aplică tot un algoritm constructiv-eliminatoriu, descris în detaliu în [10]. Se introduc pe rînd în matricea impedanţelor de buclă numai elemente ce corespund buclelor adiacente, eliminînd de fiecare dată axele ce corespund buclelor care nu sînt definite de coardele i. Metoda devine şi mai avantajoasă dacă nu se consideră pentru toate nodurile legături la nodul de referinţă; în aceste condiţii sistemul (8) are un număr mai redus de ecuaţii.

Analiza regimurilor reţelelor electrice

Natura fizică a reţelelor electrice trifazate şi echilibrate implică o reprezentare topologică particulară.

Această reprezentare se datorează existenţei unui nod unic — neutrul — la care se raportează tensiunile celorlalte noduri de reţea.

Elementele de legătură a nodurilor pot fi liniare sau neliniare, după cum între curenţii şi tensiunile asociate există sau nu relaţii de dependenţă liniare.

În limitele unei precizii admise în practică, legăturile între nodurile de reţea pot fi considerate liniare. Elementele de legătură cu neutrul sînt fie liniare (reactanţe capacitive ale liniilor și transformatoarelor), fie neliniare (generatoarele și sarcinile); acestea din urmă sînt de obicei sediile mărimilor electrice care excită rețeaua.

Elementele neliniare nu se cunosc prin mărimea excitației (al cărei sediu sînt) și a impedanței (admitanței), ci prin puterile pe care le injectează (ejectează) în nodurile rețelei longitudinale.

În sistemul de ecuații (9), care descrie funcționarea rețelei în spațiul de referință al nodurilor, se cunoaște S_n al puterilor injectate (ejectate) la noduri; sistemul de ecuații devine neliniar, iar rezolvarea sa iterativă.

Inițial, sînt necunoscute atît bilanțul energetic total din care să se evalueze pierderile de putere, cît și nivelul de tensiuni la nodurile rețelei.

Ultimul motiv implică alegerea unui nod de echilibrare a puterilor pentru care se specifică ambele componente ale tensiunii, lăsîndu-se în schimb liberă puterea.

Soluționarea independentă a subrețelelor, permisă în cadrul metodei diakoptice, conduce la apariția în fiecare subrețea a unui nod de echilibrare în sensul că ecuația sa este eliminată din sistemul de ecuații (13); se va vedea însă că între două iterații consecutive tensiunea acestor noduri — exceptînd unul — se modifică.

Ecuațiile (13), scrise pentru fiecare subrețea, din care s-au eliminat acelea care corespund nodurilor de echilibrare, se mai pot scrie

$$V_n^1 = Z_1^* I_n^* + V_{ek}, \tag{23}$$

în care

Z_1^* reprezintă matricea-bloc-diagonală a impedanțelor nodale a subrețelelor neinterconectate, dar fără nodurile de echilibrare;

V_{ek} — vectorul ale cărui elemente sînt egale cu tensiunile nodurilor de echilibrare ale subrețelelor.

Curenții prin laturile de interconexiune (grupate în coarde generalizate C_{jk}) se află din ecuațiile

$$Z_{cc}^{-1} V_c = -I_s \tag{24}$$

V_c fiind vectorul tensiunilor la bornele laturilor de interconexiune; elementul care corespunde laturii jl este

$$V_{jl} = V_j^1 - V_l^1 = (V_j^{*1} - V_l^{*1}) + (V_{eJ} \cdot V_{eL}) \tag{25}$$

Mărimile V_j^{*1} și V_l^{*1} corespund primului termen din membrul al doilea al ecuației (23), iar V_{eJ} și V_{eL} tensiunilor nodurilor de echilibrare din subrețelele J și L de care aparțin nodurile j, respectiv l.

În ecuațiile (24), la necunoscutele I_s se adaugă tensiunile a $R-1$ noduri de echilibrare (R fiind numărul subrețelelor interconectate), a căror determinare necesită ecuații suplimentare.

Ecuațiile suplimentare se obțin scriind expresiile curenților totali care circulă între subrețele

$$\sum_{K \in CJl} I_k = I_{JL} \tag{26}$$

Ținînd seama de particularitățile menționate, se dezvoltă următorul algoritm de soluționare a rețelei interconectate:

1. Cu una dintre metodele expuse se calculează matricea admitanțelor sistemului de bucle definite de laturile-coardă de interconexiune (Y_4).
2. Se admit primele aproximații pentru tensiunile nodurilor și se precizează nodul de echilibrare cu tensiunea fixată în tot procesul iterativ.
3. Se calculează vectorul tensiunilor la bornele laturilor de interconexiune (V_c) și circulațiile totale între subrețele.
4. Se soluționează ecuațiile (24) și (26); se determină curenții I_s prin laturile de interconexiune (care se adaugă curenților nodali din nodurile de interconexiune) și tensiunile a $(R-1)$ „noduri de echilibrare".
5. Folosind oricare dintre metodele de calcul al regimurilor, se soluționează independent subrețelele.

Dacă testul de convergență nu este verificat, se iterează de la punctul 3.

Concluzii

Lucrarea expune modul de stabilire a ecuațiilor și aplicarea metodei diakoptice la analiza rețelelor electrice complexe.

S-a avut în vedere soluționarea subrețelelor prin metoda nodală, motiv pentru care interconectarea soluțiilor a condus la apariția unui sistem de ecuații de bucle.

Metoda se poate aplica și în cazul în care nu se dispune de matricele de impedanțe nodale ale subrețelelor.

În acest caz sînt utilizate matricele de admitanțe (impedanțe) ale unor rețele reduse echivalente, calculate printr-un procedeu constructiv-eliminatoriu.

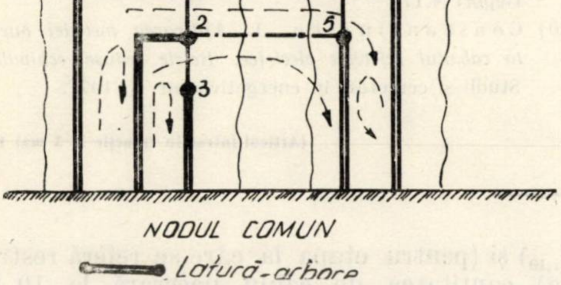
În final este expusă o metodologie de folosire a metodei diakoptice la studiul regimurilor rețelelor electrice.

Este de menționat generalitatea metodei și faptul că în practică, datorită impreciziei informațiilor referitoare la elementele și mărimile electrice ale rețelei, se poate aplica asociată cu procedee care determină rețele echivalente reduse pentru subrețelele interconectate [3].

ANEXĂ

Exemplu de calcul al matricei Z_{cc} folosind algoritmele constructiv-eliminatorii

Reţeaua are laturile cu impedanţe reale şi de mărime unitară



a) Utilizarea matricelor de admitanţe nodale

$$Y_A^{(1)} = \begin{array}{c|c|c|}
 & 3 & 2 \\ \hline
3 & \boxed{2} & -1 \\ \hline
2 & -1 & 2 \\ \hline
\end{array}\ (s) \qquad Y_A^{(2)} = \begin{array}{c|c|}
 & 2 \\ \hline
2 & 3/2 \\ \hline
\end{array}\ (s)$$

$Y_A^{(2)}$ s-a obţinut din $Y_A^{(1)}$ prin eliminarea axelor nodului 3:

$$y'_{22} = y_{22} - y_{23}\, y_{32}/y_{33} = \frac{3}{2}$$

$$Y_A^{(3)} = \begin{array}{c|c|c|}
 & 2 & 1 \\ \hline
2 & 5/2 & -1 \\ \hline
1 & -1 & 2 \\ \hline
\end{array}\ (s) \qquad Z_A^{(3)} = \begin{array}{c|c|c|}
 & 2 & 1 \\ \hline
2 & 1/2 & 1/4 \\ \hline
1 & 1/4 & 5/8 \\ \hline
\end{array}\ (\Omega)$$

$$Y_B^{(1)} = \begin{array}{c|c|c|}
 & 4 & 5 \\ \hline
4 & 2 & -1 \\ \hline
5 & -1 & 2 \\ \hline
\end{array}\ (s) \qquad Z_B^{(1)} = \begin{array}{c|c|c|}
 & 4 & 5 \\ \hline
4 & 2/3 & 1/3 \\ \hline
5 & 1/3 & 2/3 \\ \hline
\end{array}\ (\Omega)$$

$$A_2 = \begin{array}{c|c|c|}
 & 1-4 & 2-5 \\ \hline
2 & & 1 \\ \hline
1 & 1 & \\ \hline
4 & -1 & \\ \hline
5 & & -1 \\ \hline
\end{array} \qquad Z_1 = \begin{array}{|c|c|}
\hline
Z_A^{(3)} & \\ \hline
 & Z_B^{(1)} \\ \hline
\end{array}$$

$$Z_{CC} = \widetilde{Z}_2 + A_2^t Z_1 A_2 = \begin{array}{c|c|c|}
 & 1-4 & 2-5 \\ \hline
1-4 & \widetilde{Z}_{1-4,\,1-4} + Z_{1,1} + Z_{4,4} & Z_{1,2} + Z_{4,5} \\ \hline
2-5 & Z_{1,2} + Z_{4,5} & \widetilde{Z}_{2-5,\,2-5} + Z_{2,2} + Z_{5,5} \\ \hline
\end{array} = \begin{array}{c|c|c|}
 & 1-4 & 2-5 \\ \hline
1-4 & 55/24 & 7/12 \\ \hline
2-5 & 7/12 & 13/6 \\ \hline
\end{array}$$

b) Utilizarea matricei impedanţelor de bucle:

Pentru reţeaua completă, se începe construcţia matricei Z_{CC} cu introducerea axelor buclei 2–3 şi a buclelor adiacente ei.

$$Z_{CC}^{(1)} = \begin{array}{c|c|c|c|}
 & 2-3 & 1-2 & 2-5 \\ \hline
2-3 & \boxed{3} & -1 & 1 \\ \hline
1-2 & -1 & 1 & 0 \\ \hline
2-5 & 1 & 0 & 1 \\ \hline
\end{array}\ (\Omega)$$

$$Z_{CC}^{(2)} = \begin{array}{c|c|c|}
 & 1-2 & 2-5 \\ \hline
1-2 & 2/3 & 1/3 \\ \hline
2-5 & 1/3 & 2/3 \\ \hline
\end{array}\ (\Omega)$$

$$Z_{CC}^{(3)} = \begin{array}{c|c|c|c|}
 & 1-2 & 2-5 & 1-4 \\ \hline
1-2 & \boxed{8/3} & -2/3 & 1 \\ \hline
2-5 & -2/3 & 2/3 & 0 \\ \hline
1-4 & 1 & 0 & 1 \\ \hline
\end{array}\ (\Omega)$$

$$Z_{CC}^{(4)} = \begin{array}{c|c|c|}
 & 2-5 & 1-4 \\ \hline
2-5 & 1/3 & 1/4 \\ \hline
1-4 & 1/4 & 5/8 \\ \hline
\end{array}\ (\Omega)$$

$$Z_{CC}^{(5)} = \begin{array}{c|c|c|c|}
 & 2-5 & 1-4 & 4-5 \\ \hline
2-5 & 15/6 & 1/4 & 1 \\ \hline
1-4 & 1/4 & 21/8 & -1 \\ \hline
4-5 & 1 & -1 & \boxed{3} \\ \hline
\end{array}\ (\Omega)$$

$$Z_{CC} = \begin{array}{c|c|c|}
 & 2-5 & 1-4 \\ \hline
2-5 & 13/6 & 7/12 \\ \hline
1-4 & 7/12 & 55/24 \\ \hline
\end{array}\ (\Omega)$$

Bibliografie

[1] Kron, G. *Diakoptics.* The Electrical Journal. London, 1957–1959.

[2] Dimo, Paul. *L'analyse nodale des réseaux d'énergie.* Eyrolles, 1971.

[3] Potolea, E. *Calculul regimului permanent al sistemelor electrice.* Editura tehnică, București, 1967.

[4] Sasson, A. și Brown, H. *Deduction and clarification on the diakoptics approach.* PICA, 1971.

[5] Happ, H. H. *Z-diakoptics — torn subdivisions radially attached.* I.E.E.E. Trans. Power Apparatus and Systems, 86, iunie 1967.

[6] Amari, S. *Topological foundation of Kron's tearing of electric networks.* RAAG Memoirs, vol. 3, 1962.

[7] Brameller. *Practical diakoptics for electrical networks.* Manchester, 1967.

[8] Despotović, S. T. *The piecewise solution of large electrical networks.* P.S.C.C. — Stockholm, 1966.

[9] Schmill, J. *A scheme applied to studies of system load flows, system faults, node reduction, orthogonal networks and diakoptics.* P.S.C.C. — Stockholm, 1966, Report 4.17.

[10] Constantinescu, J. *Aplicarea metodei buclelor la calculul rețelelor electrice. Rețele reduse echivalente.* Studii și cercetări în energetică, nr. 3, 1971.

(Articol intrat în redacție la 3 mai 1971)

◆

Aplicații ale metodei „ramificare și frontiere" în planificarea rețelelor electrice urbane

Ing. **Ș. Tarnavschi** *)

1. Generalități

Din analiza studiilor efectuate pînă în prezent de I.S.P.E. privind dezvoltarea și sistematizarea rețelelor urbane de înaltă și medie tensiune [4], [5], [6] se degajă concluzia generală că o serie de factori locali, caracteristici fiecărui oraș în parte, influențează puternic economicitatea diverselor soluții.

Pe de altă parte, a rezultat că prin urmărirea eficienței economice numai la nivelul obiectivului propriu-zis (oraș), fără luarea în considerare a efectelor și posibilităților la nivelul ramurii sau al economiei naționale, apar unele dificultăți în etapele de stabilire a deciziilor. Aceste dificultăți sînt legate în special de condițiile asigurării diverselor obiective cu materialele și echipamentele necesare.

A apărut astfel utilă extinderea analizei de la fiecare obiectiv individualizat (oraș) la totalitatea obiectivelor; în acest fel se poate urmări, prin considerarea anumitor restricții, optimizarea dezvoltării întregului grup, rezultatele calculelor individuale constituind o parte din „datele de intrare" pentru analiza colectivă de ansamblu [3].

2. Planificarea pentru un grup de obiective în cazul a două variante

Se consideră următorul exemplu: pentru un grup de 7 orașe ($i = 1, 2, \ldots, 7$) s-a analizat dezvoltarea rețelelor de medie tensiune în variante la 6 kV și la 10 kV (tabelul 1); pentru fiecare oraș în parte, tensiunea cea mai avantajoasă este de 10 kV, dar cantitatea totală disponibilă de cablu la 10 kV este limitată: $C_{T10} = 105$ km; la 6 kV nu există această restricție; pentru fiecare variantă se cunoaște valoarea funcției economice ($E_{i,6}$, respectiv $E_{i,10}$) și (pentru etapa la care se referă restricția) cantitatea de cablu necesară la 10 kV ($C_{i,10}$); se cere să se aleagă pentru fiecare oraș varianta care să conducă la minimul funcției economice totale $\sum_{i=1}^{7} E_{i,j} = min.$; $j = 6$ sau 10 cu restricțiile $\sum_{i=1}^{7} x_i C_{i,10} \leqslant C_{T,10}$; $x_i = 0$ sau 1.

După cum se poate observa, în cazul exemplului ales, datorită cantității limitate de cablu, varianta la 10 kV poate fi adoptată numai pentru o parte dintre orașe, pentru rest urmînd să fie utilizată tensiunea de 6 kV. O primă soluție poate consta în alegerea pentru orașul 1 a variantei în 10 kV; în acest caz $\sum_{i=1}^{7} x_i C_{i,10} = C_{1,10}$, iar $\sum_{i=1}^{7} E_{i,j} = E_{1,10} + E_{2,6} + E_{3,6} + \ldots + E_{7,6} = 24415$ mii lei.

Tabelul 1

i	$E_{i,6}$ mii lei	$E_{i,10}$ mii lei	$C_{i,10}$ km
1	6 645	5 700	105
2	3 960	2 500	43
3	6 000	3 900	60
4	430	420	2
5	3 460	2 200	30
6	2 760	1 850	20
7	2 105	1 500	15

$C_{T,10} = 105$ km

O soluție mai bună constă în adoptarea variantei la 10 kV pentru orașele 2, 3 și 4; în acest caz, $\sum_{i=1}^{7} E_{i,j} = 21\,790$ mii lei. Soluția optimă constă în alegerea variantei la 10 kV pentru orașele 3, 5 și 7; rezultă $\sum_{i=1}^{7} E_{i,j} = 21\,395$ mii lei (cu 3120 mii lei mai mică decît în cazul adoptării tensiunii de 10 kV pentru orașul 1).

---

*) Șerban Tarnavschi este inginer proiectant III, la I.S.P.E.

Problema poate fi abordată și altfel: se calculează mărimile $A_i = E_{i,6} - E_{i,10}$; $i = 1,2,\dots,7$. Pentru un oraș i, A_i are valoarea din tabelul 2 în cazul adoptării variantei la 10 kV și este egal cu 0 în cazul adoptării variantei la 6 kV.

Tabelul 2

i	A_i mii lei	$C_{i,10}$ km
1	945	105
2	1 460	43
3	2 100	60
4	10	2
5	1 260	30
6	910	20
7	605	15

$C_{T,10} = 105$ km

În aceste condiții se poate formula duala problemei inițiale: să se aleagă pentru acele orașe varianta la 10 kV, încît $\sum_{i=1}^{7} x_i A_i = max.$, cu respectarea restricțiilor $\sum_{i=1}^{7} x_i\, C_{i,10} \leqslant C_{T,10}$; $x_i = 0$ sau 1.

Problemele de acest tip se rezolvă prin metoda „ramificare și frontiere" [1], [2]. Se reamintește că, prin aplicarea metodei, din mulțimea soluțiilor posibile se exclud succesiv partițiile pentru care funcția-criteriu se găsește deasupra sau dedesubtul limitei (după cum este vorba de o minimizare sau maximizare), pînă se extrage soluția optimă. Metoda de partiționare și metoda de calcul al limitei diferă de la problemă la problemă.

Rezolvarea exemplului de mai sus s-a efectuat cu ajutorul algoritmului „raniței și al barierei" [2].

3. Planificarea pentru un grup de obiective în cazul mai multor variante

Un caz mai general îl prezintă problema alegerii unei variante din M posibile, pentru fiecare din cele N obiective ale unui grup. În afară de o variantă pentru care nu există restricții, în celelalte variante cantitatea totală de material disponibil într-o anumită etapă este limitată. Se cunosc, pentru fiecare obiectiv și variantă, funcția economică ($E_{i,j}$), cantitatea de material ($C_{i,j}$), precum și restricțiile (tabelul 3).

Se cere să se aleagă cîte o variantă pentru fiecare obiectiv, astfel încît:

$$\sum_{i=1}^{N} E_{i,j} = min;\ j = 1 \text{ sau } 2 \text{ sau} \dots \text{sau } M \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^{N} x_i C_{i,j} \leqslant C_{T,j};\ j = 2, 3, \dots, M;\ x_i = 1 \text{ sau } 0 \quad (2)$$

(primul indice reprezintă numărul de ordine al obiectivului, iar al doilea numărul de ordine al variantei).

Tabelul 3

i	$E_{i,1}$	$E_{i,2}$	$\dots$	$E_{i,M}$	$C_{i,2}$	$C_{i,3}$	$\dots$	$C_{i,M}$
1	$E_{1,1}$	$E_{1,2}$	$\dots$	$E_{1,M}$	$C_{1,2}$	$C_{1,3}$	$\dots$	$C_{1,M}$
2	$E_{2,1}$	$E_{2,2}$	$\dots$	$E_{2,M}$	$C_{2,2}$	$C_{2,3}$	$\dots$	$C_{2,M}$
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
k	$E_{k,1}$	$E_{k,2}$	$\dots$	$E_{k,M}$	$C_{k,2}$	$C_{k,3}$	$\dots$	$C_{k,M}$
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
N	$E_{N,1}$	$E_{N,2}$	$\dots$	$E_{N,M}$	$C_{N,2}$	$C_{N,3}$	$\dots$	$C_{N,M}$
					$C_{T,2}$	$C_{T,3}$	$\dots$	$C_{T,M}$

Se va urmări în mod analog celor expuse în capitolul 2 rezolvarea problemei duale, respectiv maximizarea expresiei:

$$\sum_{i=1}^{N} A_{i,j} = max.;\ j = 1 \text{ sau } 2 \text{ sau} \dots \text{sau } M, \quad (3)$$

în care

$$A_{i,j} = E_{i,1} - E_{i,j} \quad (4)$$

Se calculează:

$$C'_{i,j} = C_{i,} \frac{C_{T,M}}{C_{T,j}} \quad (5)$$

$$C'_{T,j} = C_{T,M};\ j = 2, 3, \dots, M \quad (6)$$

Restricțiile (2) devin

$$\sum_{i=1}^{N} x_i C'_{i,j} \leqslant C_{T,M};\ \mathrm{j} = 2, 3, \dots, M;\ x = 1 \text{ sau } 0. \quad (7)$$

Se întocmește o listă în care se ordonează toate variantele după valorile descrescătoare ale lui $\delta_{i,j}$ (tabelul 4), în care:

$$\delta_{i,j} = \frac{A_{i,j}}{C'_{i,j}}. \quad (8)$$

Se face prima bipartiționare (ramificare) a mulțimii soluțiilor: în prima partiție intră toate soluțiile care nu conțin primul element (variantă) din tabelul 4; în a doua partiție rămîn soluțiile care conțin acest element.

Tabelul 4

i,j	$A_{i,j}$	$C'_{i,j}$	$\delta_{i,j}$
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.

Pentru calculul limitelor partițiilor se extrag elementele din tabelul 4 în ordinea descrescătoare a valorilor $\delta_{i,j}$, pînă la concurența cantităților totale [7]; în acest scop, pentru fiecare tip de material se admite și completarea cu cantități fracționare din ultimul element. Se va avea în vedere următoarea regulă: după fiecare element (i, j) extras, dar în afara ultimului element de „completare" (dacă este fracționat) nu se mai iau în considerație (se anulează în tabelul 4) restul elementelor pentru care primul indice este tot i (în orice soluţie a problemei se alege pentru fiecare obiectiv cîte o singură variantă).

Pentru fiecare partiţie se calculează limita (B) corespunzătoare elementelor extrase, considerînd şi fracţiunile din elementele de „completare"; se observă că în acest fel se face o apreciere prin adaos a limitelor respective. Se compară limitele şi se alege partiţia cu valoarea cea mai mare.

Dacă din comparaţie a rezultat că partiţia în care se include primul element din tabelul 4 are valoarea maximă, se anulează toate celelalte elemente (variante) care se referă la acelaşi obiectiv. După aceasta se efectuează o nouă bipartiţionare: o partiţie care include şi al doilea element din tabelul 4, iar a doua partiţie care include primul element, dar nu-l conţine pe al doilea.

Dacă după prima comparaţie a rezultat că partiţia în care se exclude primul element are valoarea maximă, următoarea bipartiţionare se efectuează direct, fără să mai fie necesară anularea prealabilă a unor elemente din tabel.

Se continuă în acest mod partiţionarea luînd în consideraţie totdeauna nodul cu limita cea mai mare faţă de toate ramificaţiile precedente.

Dacă într-un anumit punct al calculelor $\Sigma C'_{i,j} > C_{T,M}$, se trece $B = -1$, se abandonează ramura respectivă şi se continuă testarea celorlalte ramuri.

În acest mod, prin ramificări (bipartiţionări) succesive, se testează toate elementele în ordinea din tabel şi se extrage soluţia optimă.

Problema este rezolvată înainte de testarea tuturor elementelor dacă s-a ajuns la o partiţie pentru care valoarea superioară a limitei este maximă şi nu s-au utilizat fracţiuni dintr-un element pentru completare. În soluţie vor intra toate elementele care au fost considerate la calculul limitei respective.

Pentru clarificarea ideilor se prezintă în continuare aplicarea algoritmului la un exemplu numeric. Pentru un grup de şase oraşe (tabelul 5) s-au analizat cîte trei variante posibile; în variantele 2 şi 3, cantităţile totale de material disponibil sînt limitate. Să se aleagă pentru fiecare oraş cîte o variantă, astfel încît $\Sigma E_{i,j} = min.$, fără să se depăşească cantităţile totale disponibile din materialele de tipurile 2 şi 3.

Tabelul 5

i	$E_{i,1}$	$E_{i,2}$	$E_{i,3}$	$C_{i,2}$	$C_{i,3}$
1	200	120	100	15	10
2	300	240	200	20	20
3	140	70	70	5	5
4	750	700	500	90	70
5	1 200	1 000	800	70	40
6	800	450	410	85	70

$C_{T,2} = 90$ $C_{T,3} = 70$

Se calculează valorile mărimilor $C'_{i,j}$, $A_{i,j}$ şi $\delta_{i,j}$ în baza relaţiilor (4)...(8) şi se ordonează variantele după valorile descrescătoare ale lui $\delta_{i,j}$ (tabelul 6).

Tabelul 6

i,j	$C'_{i,j}$	$A_{i,j}$	$\delta_{i,j}$
3,2	3,9	70	18
3,3	5	70	14
1,3	10	100	10
5,3	40	400	10
1,2	11,7	80	6,85
6,3	70	390	5,6
6,2	66,1	350	5,3
2,3	20	100	5
2,2	15,6	60	3,85
5,2	54,5	200	3,68
4,3	70	260	3,58
4,2	70	50	0,72

$C'_{T,2} = C'_{T,3} = 70$

În prima partiţie (3, 2)* se exclude primul element.

În cele ce urmează se va indica extragerea unui element prin încadrarea sa; prin săgeţi care pleacă de la un element extras se vor indica acele elemente care (conform celor arătate anterior) se anulează la calculul limitei unei partiţii, datorită faptului că au primul indice identic cu al elementului extras.

Cu aceste precizări, ordinea de extragere şi anulare a elementelor pentru calculul limitei partiţiei (3, 2)* se poate urmări cu uşurinţă în figura 1.

Se verifică restricţiile:

$$\sum C'_{i,2} = C'_{6,2} + k_2^* C_{2,2} = 66,1 + \frac{3,9}{15,6} \cdot 15,6 = 70$$

$$\sum C'_{i,3} = C'_{3,3} + C'_{1,3} + C'_{5,3} + k_3^* C'_{6,3} =$$

$$= 5 + 10 + 40 + \frac{15}{70} \cdot 70 = 70.$$

Datorită faptului că din elementul (6, 3) este utilizată numai o cantitate fracţionară pentru completare, nu se anulează elementul (6,2), care are o poziţie inferioară în tabel.

Corespunzător elementelor extrase, limita superioară a partiției (3,2)* este

$$B(3,2)^* = A_{3,3} + A_{1,3} + A_{5,3} + k_3^* A_{6,3} + A_{6,2} + k_2^* A_{2,2},$$

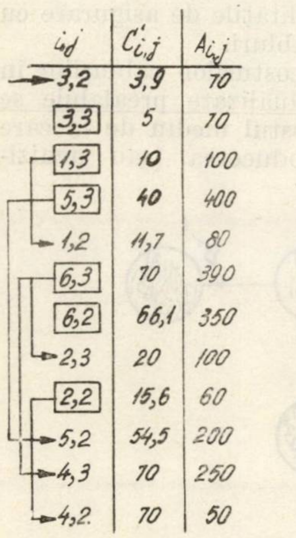

i,j C'i,j Ai,j
3,2 3,9 70
3,3 5 70
1,3 10 100
5,3 40 400
1,2 11,7 80
6,3 70 390
6,2 66,1 350
2,3 20 100
2,2 15,6 60
5,2 54,5 200
4,3 70 250
4,2 70 50

Fig. 1

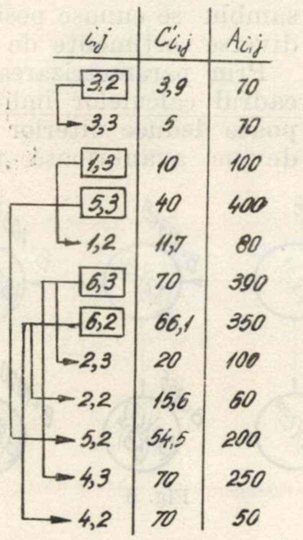

i,j C'i,j Ai,j
3,2 3,9 70
3,3 5 70
1,3 10 100
5,3 40 400
1,2 11,7 80
6,3 70 390
6,2 66,1 350
2,3 20 100
2,2 15,6 60
5,2 54,5 200
4,3 70 250
4,2 70 50

Fig. 2

respectiv

$$B\,(3,2)^* = 1018,9.$$

În figura 2 se indică succesiunea de extragere a elementelor pentru calculul limitei partiției, care cuprinde primul element (3, 2).

În urma verificării restricțiilor, reiese că

$$\sum C'_{i,2} = C'_{3,2} + C'_{6,2} = 3,9 + 66,1 = 70$$

$$\sum C'_{i,3} = C'_{1,3} + C'_{5,3} + k_3^* C'_{6,3} = 10 + 40 + \frac{20}{70} \cdot 70 = 70$$

Se obține

$$B(3,2) = 1031,8$$

(și în acest caz este necesară completarea cantităților cu fracțiuni de element).

Rezultă $B\ (3,2) > B\ (3,2)^*$. Se continuă (vezi și figura 6) partiționarea pe ramura (3,2). Întrucît această ramură conține elementul (3,2), se anulează în listă elementul (3,3).

Se formează partiția (3,2) (1,3)*, care conține elementul (3,2) dar nu conține elementul (1,3) și partiția (3,2) (1,3), care conține atît elementul (3,2) cît și elementul (1,3).

În figura 3 se indică succesiunea de extragere și anulare a elementelor pentru calculul limitei partiției (3,2) (1,3)*.

Calculele decurg în mod analog și rezultă $B\,(3,2)\ (1,3)^* = 1005$.

Limita partiției (3,2) (1,3) este aceeași cu limita partiției (3,2) (fig. 2).

Se continuă partiționarea pe ramura pentru care a rezultat cea mai mare valoare a limitei, respectiv (3,2) (1,3). Se anulează în prealabil din listă elementul (1,2).

În partiția (3,2) (1,3) (5,3)* se anulează elementul (5,3) (fig. 4) și se obține $B\ (3,2)\ (1,3)\ (5,3)^* = 855$.

Pentru partiția (3,2) (1,3) (5,3), care conține elementul (5,3), limita este $B\ (3,2)\ (1,3)\ (5,3) = 1031,8$ (fig. 2).

Se continuă partiționarea pe ramura (3,2) (1,3) (5,3). În listă se anulează elementul (5,2).

Se formează partițiile (3,2) (1,3) (5,3) (6,3)*, respectiv (3,2) (1,3) (5,3) (6,3).

În partiția (3,2) (1,3) (5,3) (6,3)* rezultă (fig. 5):

$$\sum C'_{i,2} = C'_{3,2} + C'_{6,2} = 3,9 + 66,1 = 70$$

$$\sum C'_{i,3} = C'_{1,3} + C'_{5,3} + C'_{2,3} = 10 + 40 + 20 = 70.$$

respectiv

$$B(3,2)\ (1,3)\ (5,3)\ (6,3)^* = 1020.$$

În partiția (3,2) (1,3) (5,3) (6,3) se obține:

$$\sum C'_{i,3} = C'_{1,3} + C'_{5,3} + C'_{6,3} = 10 + 40 + 70 = 120 > 70,$$

restricție nerespectată; se trece $B = -1$.

Limita partiției (3,2) (1,3) (5,3) (6,3)* este maximă, iar la calculul ei nu s-au utilizat fracțiuni de element pentru completare; soluția optimă este constituită din elementele extrase la calculul limitei: avantajul economic maxim (1020) se obține prin adoptarea variantei 3 pentru obiectivele 1, 2 și 5, a variantei 2 pentru obiectivele 3 și 6, respectiv a variantei 1 pentru obiectivul 4. Funcția economică totală va fi în acest caz $\sum E_{i,j} = 2370$.

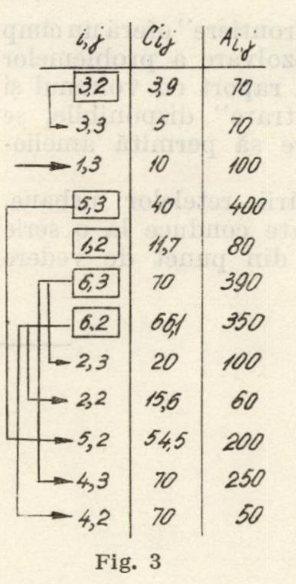

i,j C'i,j Ai,j
3,2 3,9 70
3,3 5 70
1,3 10 100
5,3 40 400
1,2 11,7 80
6,3 70 390
6,2 66,1 350
2,3 20 100
2,2 15,6 60
5,2 54,5 200
4,3 70 250
4,2 70 50

Fig. 3

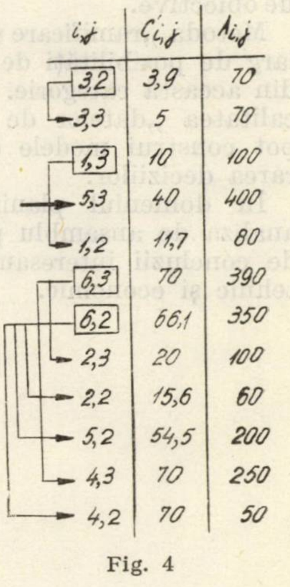

i,j C'i,j Ai,j
3,2 3,9 70
3,3 5 70
1,3 10 100
5,3 40 400
1,2 11,7 80
6,3 70 390
6,2 66,1 350
2,3 20 100
2,2 15,6 60
5,2 54,5 200
4,3 70 250
4,2 70 50

Fig. 4

Se poate observa că în altă soluție, prin adoptarea variantei 3 pentru obiectivul 6, a variantei 2 pentru obiectivul 4, respectiv a variantei 1 pentru obiectivele 1, 2, 3 și 5, s-ar fi consumat, de asemenea, toată cantitatea disponibilă de materiale deficitare, dar funcţia economică totală ar fi fost $\sum E_{i,j} = 2950$.

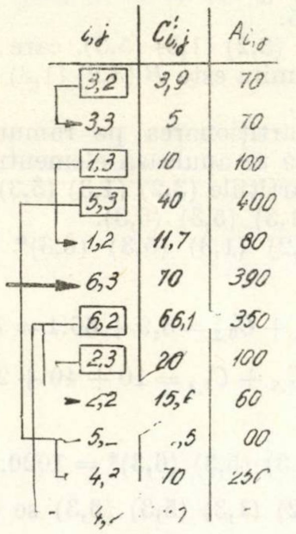


Fig. 5

Dacă în urma calculelor ar fi rezultat, de exemplu

$$B(3,2)\,(1,3)\,(5,3)\,(6,3)^* = 1015$$

pentru determinarea soluţiei optime ar fi fost necesară continuarea partiţionării pe ramura (3, 2)*.

Concluzii

Este deosebit de importantă extinderea analizei economice de la obiective izolate la grupuri de obiective.

Metoda „ramificare şi frontiere'' oferă un cîmp larg de posibilităţi de rezolvare a problemelor din această categorie. În raport cu volumul şi calitatea „datelor de intrare'' disponibile, se pot construi modele care să permită ameliorarea deciziilor.

În domeniul planificării reţelelor urbane, analiza de ansamblu poate conduce la o serie de concluzii interesante din punct de vedere tehnic şi economic.

Astfel, cu ajutorul algoritmului descris în capitolul 3, se poate rezolva optim problema deciziilor privind dezvoltarea ulterioară a reţelelor de medie tensiune pentru un grup de oraşe, dacă se cunoaşte pentru fiecare oraş în parte economicitatea diverselor variante, iar pe ansamblu se cunosc posibilităţile de asigurare cu diverse sortimente de cabluri.

Prin parametrizarea costurilor cablurilor în cadrul calculelor individualizate prealabile se poate deduce ulterior costul mediu de la care devine avantajoasă producerea (sau achiziţionarea din alte surse) a unui nou sortiment de cablu.

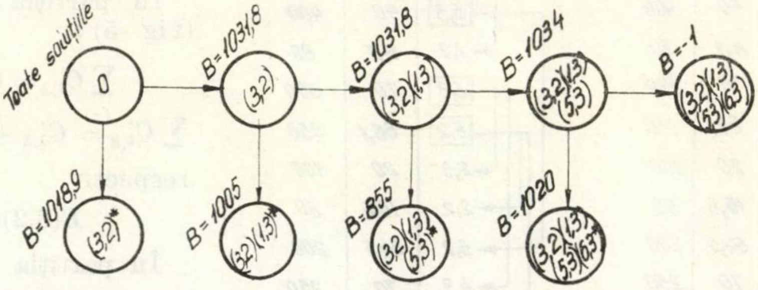


Fig. 6

În afara exemplelor enumerate se întrevede posibilitatea lărgirii cu mult a gamei de aplicaţii.

Bibliografie

[1] Măcriş, A. *O metodă de cercetare operaţională cu multiple aplicaţii : ramificare şi frontiere.* (I). Energetica *18*, nr. 8, 1970.

[2] Măcriş, A. *O metodă de cercetare operaţională cu multiple aplicaţii : ramificare şi frontiere* (II). Energetica *18*, nr. 11, 1970, pag. 498—501.

[3] Perroux, F. *Tehnicile cantitative ale planificării.* Bucureşti, Editura Academiei R. S. România, 1969.

[4] Tarnavschi, Ş. *Dezvoltarea reţelelor urbane de înaltă şi medie tensiune.* Energetica 18, nr. 8, 1970.

[5] Tarnavschi, Ş. şi Trandafir, M. *Analiza perspectivelor de dezvoltare a reţelelor de înaltă şi medie tensiune din oraşul Ploieşti.* Energetica *19*, nr. 3, 1971.

[6] Tarnavschi, Ş. şi Popescu, C. *Analiza concluziilor rezultate din studiile elaborate de I.S.P.E. privind dezvoltarea şi sistematizarea reţelelor urbane de IT şi MT din o serie de oraşe ale R.S.R.* Lucrare I.S.P.E., noiembrie 1970.

(Articol intrat în redacţie la 12 mai 1971)

* * *

Recenzii

IOAN D. STĂNCESCU. **Alimentarea cu căldură la distanţă comentată din punct de vedere internaţional** (Die Fernwärmeversorgung aus internationaler Sicht). Elektrizitätswirtschaft, 69 (1970), Heft 3, p. 47–57.

Revista vest-germană „Elektrizitätswirtschaft" publică integral textul conferinţei de deschidere cu titlul de mai sus, ţinută de prof. ing. I. D. Stăncescu la simpozionul „Probleme actuale ale alimentării cu căldură la distanţă" (24 octombrie 1969 — Düsseldorf), organizat de secţia de termoficare a Asociaţiei inginerilor germani (V.D.I.) şi la care au participat circa 800 de specialişti.

În prima parte se expune stadiul actual în lume privind alimentarea cu căldură la distanţă, în special prin termoficare, precum şi aspectele şi importanţa economiei de combustibil.

În Europa se deosebesc grupe de ţări cu realizări diferenţiate în acest domeniu. România este enumerată în grupa ţărilor cu o puternică dezvoltare privind atît termoficarea cît şi economia de căldură.

Diferite soluţii privind producerea combinată de căldură şi energie electrică sînt analizate comparativ, avîndu-se în vedere: acoperirea cantităţii de căldură la vîrf, modul de dimensionare şi exploatare a turbinelor de termoficare, schema de principiu a punctelor termice, amplasarea şi mărimea centralelor de termoficare.

Se comentează în mod special concepţiile diferite privind mărimea coeficientului de termoficare.

De asemenea se prezintă amplu turbinele folosite în centralele de termoficare de mare putere, pe baza diagramelor de fluxuri de căldură.

Relativ la amplasarea şi mărimea CET sînt prezentate exemple tipice de oraşe care au în interiorul lor atît centrale electrice de termoficare cît şi centrale termice (de exemplu New York şi München), oraşe cu CET aşezate periferic (de exemplu Varşovia, Bucureşti şi Moscova), precum şi CET exterioare (de exemplu CET Brazi sau Sverdlovsk), unde distanţa centralei faţă de centrul oraşului este de aproximativ 25 km.

Plaja de valori privind mărimea CET variază de la cîţiva megawaţi la sute de megawaţi în ideea valorificării integrale a „total energy supply".

Dezvoltarea în diverse ţări a producerii combinate de energie electrică şi căldură în mari centrale electrice de termoficare va depinde şi pe viitor de condiţiile economice concrete ale fiecării ţări.

În articol se fac consideraţii asupra oportunităţii folosirii acestui sistem în raport cu alte posibilităţi de producere a energiei electrice şi a căldurii şi se atrage atenţia asupra alegerii de variante, care trebuie făcută diferenţiat.

Se prevede ca în viitor consumul specific de căldură pe cap de locuitor să crească o dată cu utilizarea mai masivă a instalaţiilor de climatizare.

Pentru viitor rămîn totuşi în concurenţă distribuţia la distanţă a căldurii sau a gazului natural, precum şi utilizarea curentului electric.

Intervenţia masivă ulterioară a centralelor nucleare va aduce probabil noi alternative în folosirea de variante privind satisfacerea consumatorilor cu energie electrică şi căldură.

Autorul face o amplă prezentare de sinteză a actualelor realizări în domeniul termoficării şi indică direcţii de prospectivă posibile. Materialul grafic cu care este ilustrat articolul este foarte sugestiv şi la elaborarea lui au fost folosite cele mai noi date de consum din diverse ţări, realizîndu-se astfel o imagine clară asupra situaţiei mondiale actuale cît şi a perspectivelor de viitor privind distribuţia la mare distanţă a căldurii.

Ing. **Adrian Gheorghe**

H. H. HAPP. **Diakoptics and Networks.** Academic Press, New York, 1971, 304 p.

După cartea lui Kron din 1963 (Diakoptics — Macdonald) şi cea a lui Brameller, John şi Scott din 1969 (Practical Diakoptics for Electrical Networks — Chapman & Hall), cartea „Diakoptics and Networks", apărută recent sub semnătura lui H. H. Happ, este a treia lucrare din literatura tehnică universală care se ocupă de diacoptică.

După cum se ştie, diacoptica este ştiinţa rezolvării sistemelor complexe pe subporţiuni, obţinute prin divizarea sistemului iniţial, soluţia sistemului în întregime fiind obţinută prin interconectarea soluţiilor diverselor subsisteme. Ca şi cartea lui Kron, cartea lui Happ are la bază o serie de articole publicate în „Power Apparatus and Systems". începînd cu 1956, dar ordonarea şi adăugirile efectuate fac ca această lucrare să reprezinte o contribuţie fundamentală la teoria kroniană a reţelei ortogonale. Noţiunea de reţea ortogonală joacă un rol esenţial în opera lui Kron, în special în partea mai recentă a lucrărilor sale, şi anume în teoria secţionării şi interconexiunii soluţiilor, denumită pe scurt diacoptică.

În primul capitol este prezentată notaţia specială folosită de Happ, după care urmează o foarte scurtă definiţie a conceptului de tensor. Capitolul următor introduce noţiunea mult discutată în trecut, dar astăzi unanim acceptată, de reţea primitivă. Se prezintă schema echivalentă generală a unei laturi a reţelei, aceasta incluzînd atît surse de tensiune cît şi surse de curent. În afară de reţeaua primitivă se introduce şi reţeaua ale cărei laturi sînt interconectate, arătîndu-se transformarea curenţilor şi a tensiunilor, care rezultă din condiţia conservării puterii totale. Transformările amintite fac să intervină matricele de transformare C şi $A = C^{-1}$. Introducînd distincţia între reţea excitată şi reţea neexcitată, autorul are posibilitatea, în lumina ideilor lui Kron, să distingă topologia reţelei (în sensul teoriei grafelor) ca o particularitate a reţelei neexcitate. În acest sens, submatrice ale matricelor C şi A sînt identificate respectiv cu matricea de legături (tie-set) şi de secţionări (cut-set) din cadrul teoriei grafelor. Noţiunea de reţea excitată induce însă o altă topologie, cea a mărimilor electrice aplicate, şi în felul acesta apar conceptele de circuite închise şi deschise. Aceste noţiuni introductive permit ca în capitolul 3 şi în capitolul 4 să se trateze teoria reţelei ortogonale, distingîndu-se trei tipuri de reţele: (*i*) reţea primitivă, (*ii*) reţea interconectată, (*iii*) reţea ortogonală. Problema simetriei legilor lui Kirchhoff sau a relaţiilor lui Stokes, după interpretarea lui Kron, este rezolvată pe baza a şase cazuri, care corespund diferitelor posibilităţi de excitaţie a reţelei. Autorul consideră surse de tensiune şi surse de curent atît în fiecare latură, cît şi în fiecare circuit deschis. În acest fel, în cazul cel mai general numărul de surse aplicate este de 2 (laturi-noduri-1). Dacă anumite surse nu apar în anumite laturi sau circuite, avem cazuri care corespund unor restricţii. Drept cel mai important caz de restricţie este (capitolul 5) aşa-numita reţea primitivă restrînsă, în care laturile se împart în laturi-arbore şi laturi-corzi. Sistemul arbore-corzi prezintă un interes practic deosebit datorită simplificării expresiilor de calcul. În capitolul 6 se examinează transformarea de la reţeaua primitivă restrînsă la reţeaua ortogonală. Dacă circuitele deschise şi închise urmează anumite trasee în reţea, atunci se obţin alte cazuri foarte importante, în care anumite submatrice ale matricelor C şi A devin 0 sau 1. O primă particularizare se referă la considerarea circuitelor deschise ca fiind definite numai de laturi-arbore, iar circuitele închise de laturi-corzi. Cînd se particularizează în continuare această alegere, astfel încît un anumit circuit deschis să fie definit numai de o singură latură-arbore dată, se capătă sistemul de referinţă arbore unitar-coardă; dacă un anumit circuit închis este definit numai de o latură-coardă dată, avem sistemul arbore-coardă unitară, iar dacă ambele condiţii de mai sus sînt simultan îndeplinite, avem sistemul cel mai simplu, denumit arbore unitar-coardă unitară (capitolul 7). Capitolul 8 examinează transformarea de la un sistem de referinţă ortogonal la alt sistem de referinţă ortogonal, iar legăturile care există între componentele tensiunilor şi ale curenţilor, adică mărimile asociate circuitelor închise şi deschise, sînt examinate în capitolul 9 pentru toate cazurile luate în considerare în capitolul 4. Capitolul 10 tratează cele două cazuri-limită ale reţelei ortogonale, şi anume reţeaua numai de circuite deschise şi respectiv reţeaua numai de circuite închise. În continuare (capitolul 11) se prezintă cazurile clasice ale reţelei de bucle (în care circuitele deschise sînt fie neglijate, fie eliminate) şi nodală (în care circuitele închise au fost fie neglijate, fie eliminate).

Autorul a reuşit să prezinte o teorie integrată, bine pusă la punct şi ordonat expusă a reţelei ortogonale. De diacoptică propriu-zis autorul nu se ocupă decît în ultimul capitol (12), în care sînt expuse metoda şi algoritmul de secţionare dezvoltat de Happ în articolul său privind diacoptica, folosind matricea *Z* şi o legătură radială a subsistemelor. Un caz particular este cel în care nodul de referinţă este comun tuturor **subsecţiunilor**. Cartea are şi două anexe cu o serie de exemple numerice. În ansamblu, cartea, care reprezintă în fond o teorie a reţelelor ortogonale constituie un manual indispensabil pentru înţelegerea miezului diacopticii. De menţionat, de asemenea, excelenta prezentare grafică.

Ing. **Aurel Rothman**

Informaţii tehnice

La începutul lunii aprilie 1970, reactoarele centralei nucleare Bradwell (Anglia) au fost scoase din serviciu pentru a fi înlocuite cablurile şi restul dispozitivelor de susţinere a termoelementelor. Din cauza temperaturii ridicate, papucii de cablu, clemele, bolţurile şi piuliţele din oţel forjat au fost oxidate şi trebuie înlocuite cu oţel inoxidabil. Astfel de avarii au apărut la mai toate reactoarele Magnox din prima generaţie.

(*„Energie”, nr. 1, 1971, p. 23*)

Centrala experimentală de 250 MW cu reactor cu apă grea moderată şi răcire cu apă uşoară în fierbere, din Canada, a devenit critică în noiembrie 1970. Timpul de construcţie prevăzut nu a fost depăşit simţitor, însă costul a crescut de la 388.10^6 DM, cum era prevăzut, la 439.10^6 DM (1760 DM/kW).

(*BWK, nr. 1, 1971, p. 29–31*)

Centrala nucleară de cercetare de la Jülich (R.F.G.), de 15 MW, cu reacto AVR, a îmbunătăţit disponibilitatea de 71,7% din anul 1969 la 84,5% în 1970. În perioada 17 decembrie 1967 – 31 decembrie 1970, s-au obţinut următoarele rezultate :

— Producţia brută 210 589,3 × 10^3kWh
— Consumul mediu specific de ardere 449 000 MWd/t_u
— Fifa*) mediu 50,8 %
— Fima **)mediu 8,2 %

*) Fifa = fishion per initial fishionable atom
**) Fima = „ „ „ metalic atom

Disponibilităţile obţinute la reactoarele americane cu apă uşoară :

Tipul	Centrala	Disponibilitatea
BWR	Oyster Creek	77% în 1970
BWR	Nine Mile Point	81% începînd din iulie 1970
PWR	Connecticut Yankee	80% în 1970
PWR	San Onofre	88% în 1970

(*BWK, nr. 3, 1971, p. 119*)

Sînt în curs studii care vor fi terminate în 1972 pentru centrala de acumulare cu pompare de la Eller, în R.F.G., care va avea o putere de 1320 MW; prin barajul său de 120 m, va dispune de o rezervă de apă care-i va permite o funcţionare neîntreruptă de 60 ore.

(*„Elektrizitätswirtschaft” nr. 2, 1971, p. 52*)

Lîngă barajul şi centrala hidroelectrică Porabka (Cracovia) s-au întreprins lucrările pregătitoare pentru construcţia unei noi centrale hidroelectrice în Polonia, al cărei cost va trece de 2 miliarde zloţi. Această centrală, de 480 MW, va fi una dintre cele mai mari de acest tip în Europa. După centrala din Zydowo, de 150 MW, va fi a doua centrală de vîrf din Polonia şi va funcţiona ca un acumulator. Prin mai multe conducte instalate în masivul stîncos, apa barajului din amonte cade de la o înălţime de 430 m în patru turbine. Turbogeneratoarele lucrează decît în orele de vîrf. În timpul zilei şi nopţii, turbinele reversibile pompează apa din lacul aval în lacul amonte.

(*„Revue de l'Economie Polonaise”, nr. 8, 1971, p. 7*)

Tenessee Valley Authorithy (TVA) va construi patru centrale nucleare, fiecare de 1100–1200 MWe, dintre care două se vor comanda mai înainte, iar pentru celelalte două se va da o opţiune. Prima centrală va trebui să intre în serviciu în 1976, iar celelalte la intervale de şase luni. În competiţie au intrat : Westinghouse, General Electric, Combustion Enegineering şi Babcock-Wilcox, Gulf General Atomic nu apare, deşi concepţia reactorului răcit cu gaz nu displace lui TVA, care totuşi nu vrea să facă ea experienţa cu un astfel de reactor. Această soluţie a fost adoptată de TVA din cauza nesiguranţei în aprovizionarea cu cărbuni.

Pentru prima parte a centralei cu acumulare prin pompare de 800 MW—Waldeck II, se livrează două unităţi de motoare-generatoare sincrone, cele mai mari din Europa pentru astfel de centrale. În exploatarea ca generatoare, fiecare unitate dă 265 MVA la cos φ = 0,9, 15,75 kV, 50 Hz, 375 rot/min. Pentru acţionare sînt prevăzute turbine Francis de 239 MW, la o cădere netă de 336,2 m şi debit de 80 m^3/s.

Babcock, Borsig şi Dürr, în R. F. a Germaniei, proiectează un cazan Benson tip turn, complet sudat, pentru un bloc de 600 MW în bazinul carbonifer al Rinului. Cazanul va da un debit orar de abur de 1899 t, va avea 136 m înălţime, parametrii aburului fiind de 195 at şi 530°C. Opt mori DGS macină 144 t cărbune pe oră. Combustibilul consumat pe oră corespunde la 40 vagoane. Oţelul folosit la cazan are o greutate de 23 000 t. În total se montează 791 km ţevi.

(*„Energie”, R.F.G., nr. 2, 1971, p. 57–65*)

Rezervele totale de energie hidraulică a R. P. Chineze sînt evaluate la 563 GW din care 324 GW practic utilizabile. Ea ocupă locul al doilea după U.R.S.S., cu 374 GW energie hidraulică utilizabilă. S.U.A. are o energie hidroelectrică utilizabilă de 92 GW.

(*„Energie”, Franţa, 1971, nr. 809, p. 4*)

În ce priveşte costul producţiei energiei electrice, situaţia din iulie 1970 în R. F. a Germaniei este următoarea :

— centrale termoelectrice pe huilă	4,4 DMpf/kWh
— centrale termoelectrice pe lignit	2,7 „
— centrale termoelectrice pe combustibil lichid	3,2 „
— centrale termoelectrice pe gaze	2,8 „
-- centrale nucleare	2,3 „

(*„Handelsblatt”, 25 mai 1971*)

Revista „ENERGETICA” — organ al Ministerului Energiei Electrice şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R.S. România (CNIT). Redacţia: Bucureşti, str. Galaţi nr. 5–7, Sectorul II. Tel. 136683, 130053. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinete tehnice în contul nostru de virament nr. 30.01 01.00 B.N.R.S.R. — Sectorul VI. Tarif pentru întreprinderi lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri lei 30 anual. Preţul unui exemplar lei 5

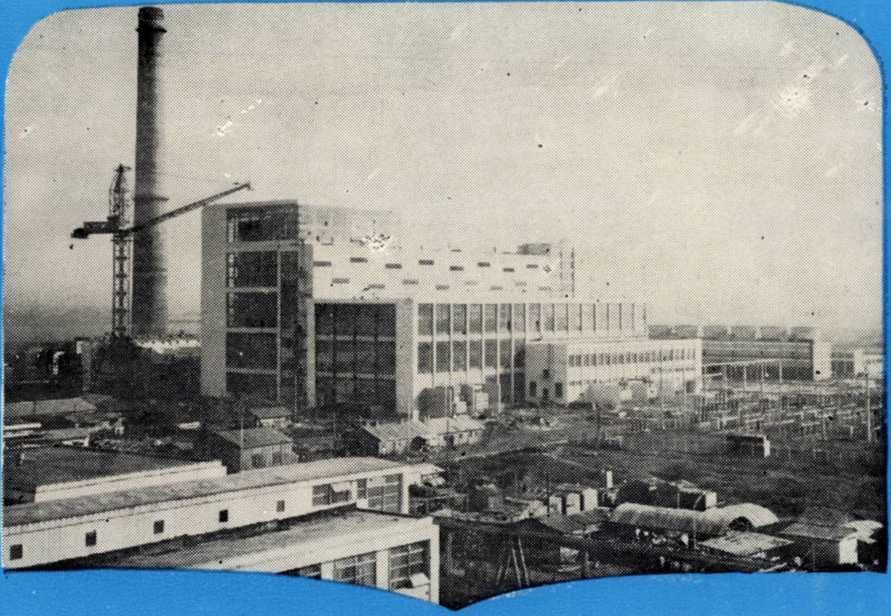
Taxele poştale plătite în numerar conform aprobării D.G.P.T. nr. 10.1095, 1967

I.P.I. c. 2715

41 401

ÎNTREPRINDEREA ELECTROCENTRALE

ORADEA

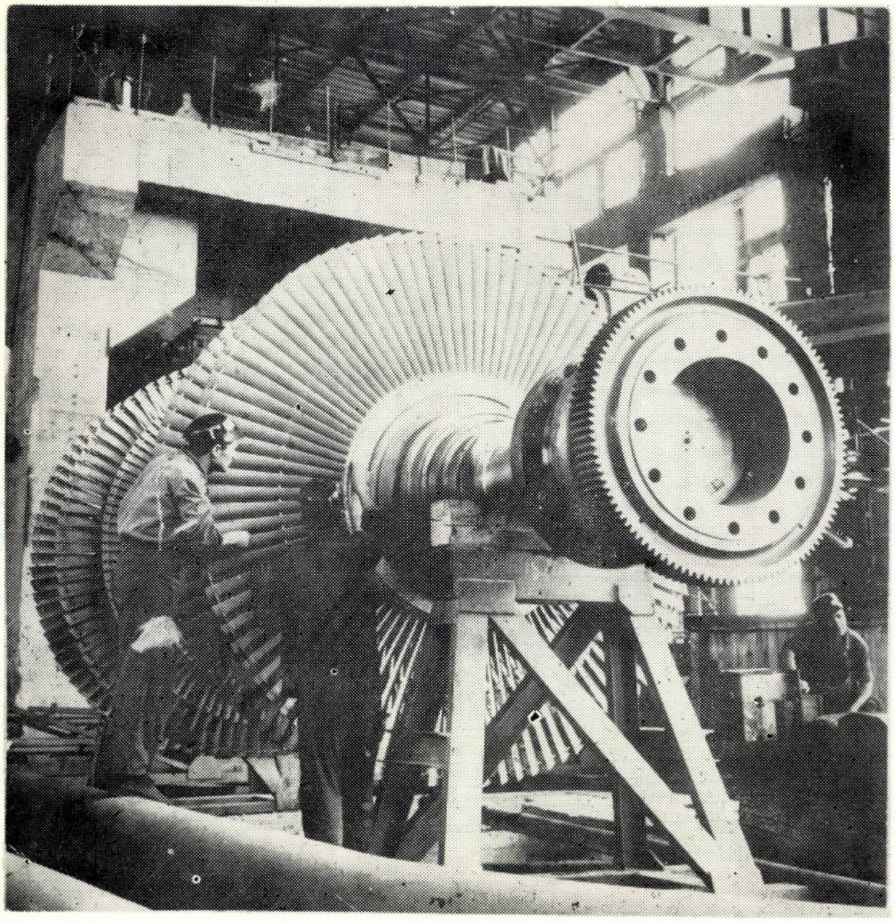


CET Oradea, cu o putere totală instalată de 105 MW și dispunînd de trei cazane de apă fierbinte de cîte 100 Gcal/h, asigură necesitățile de energie electrică și căldură ale consumatorilor din municipiul Oradea și împrejurimi, la un înalt grad de siguranță și calitate.

CET Arad, CET Timișoara și CET Reșița furnizează căldură consumatorilor industriali și ridică gradul de siguranță în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor din zonele respective.

INTREPRINDEREA ELECTROCENTRALE ORADEA
ȘOS. BORȘULUI, km 5

ÎNTREPRINDEREA
Energomontaj



EXECUTĂ LUCRĂRI DE MONTAJ
PENTRU CENTRALE ELECTRICE:

- Cazane de abur cu parametri ridicaţi, de la 500 t abur/h pînă la 640 t abur/h
- Turbine cu abur, de la 5 MW la 315 MW
- Turbine cu gaze
- Turbine hidraulice, de la 5,5 MW la 170 MW
- Compensatoare sincrone
- Instalaţii termomecanice auxiliare ale centralelor termoelectrice şi echipament hidromecanic
- Instalaţii electrice de joasă, înaltă şi foarte înaltă tensiune
- Instalaţii de măsură, control şi automatizare

ÎNTREPRINDEREA ENERGOMONTA
Calea Dorobanţilor 105

ISPH

INSTITUTE OF HYDROELECTRICAL
STUDIES AND DESIGNS
BUCHAREST 5—7, Galaţi street, ROMANIA
HIDROPROIECT — Bucharest, Telex 011-443

institutul de studii și proiectări hidroenergetice

exécute

- études et projets
- prospections
- recherches de laboratoire
- consulting and engineering

pour

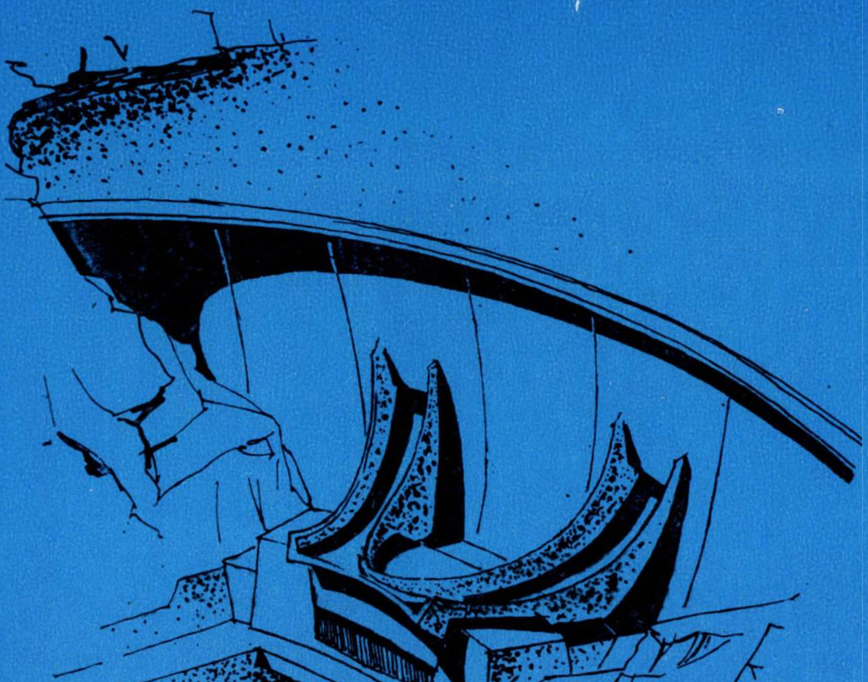
schémas d'aménagements hydroélectriques, centrales hydroélectriques, barrages de divers types, écluses pour la navigation, constructions souterraines et d'autres constructions hydrotechniques

carries out

- studies and designs
- prospections
- laboratory researches
- consulting and engineering

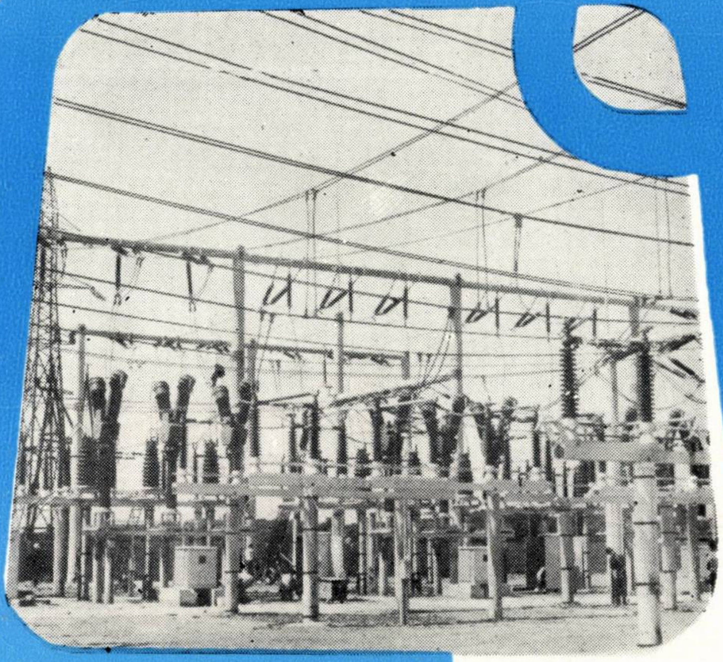
for

schemes for hydro-electric developments, hydro-electric plants, different types of dams, navigation locks, underground constructions and other hydraulic works



IRE

BAIA MAR



ASIGURĂ alimentarea cu energie electrică din sistemul energetic naţional a tuturor consumatorilor din zonă, în condiţii de siguranţă şi de bună calitate.

Instalaţiile sale de producere, tra port şi distribuţie dispun de echip mente moderne şi sînt exploatate un înalt grad de tehnicitate.

ASIGURĂ solicitanţilor proiectarea, executarea şi exploatarea instalaţiilor necesare pentru alimentarea cu energie electrică în cele mai bune condiţii tehnice şi economice.

SERVICIILE INTREPRINDERII STAU LA DISPOZITIA SOLICITANTILOR PENTRU REZOLVAREA TUTUROR PROBLEMELOR PRIVIND ALIMENTAREA CU ENERGIE ELECTRICA.

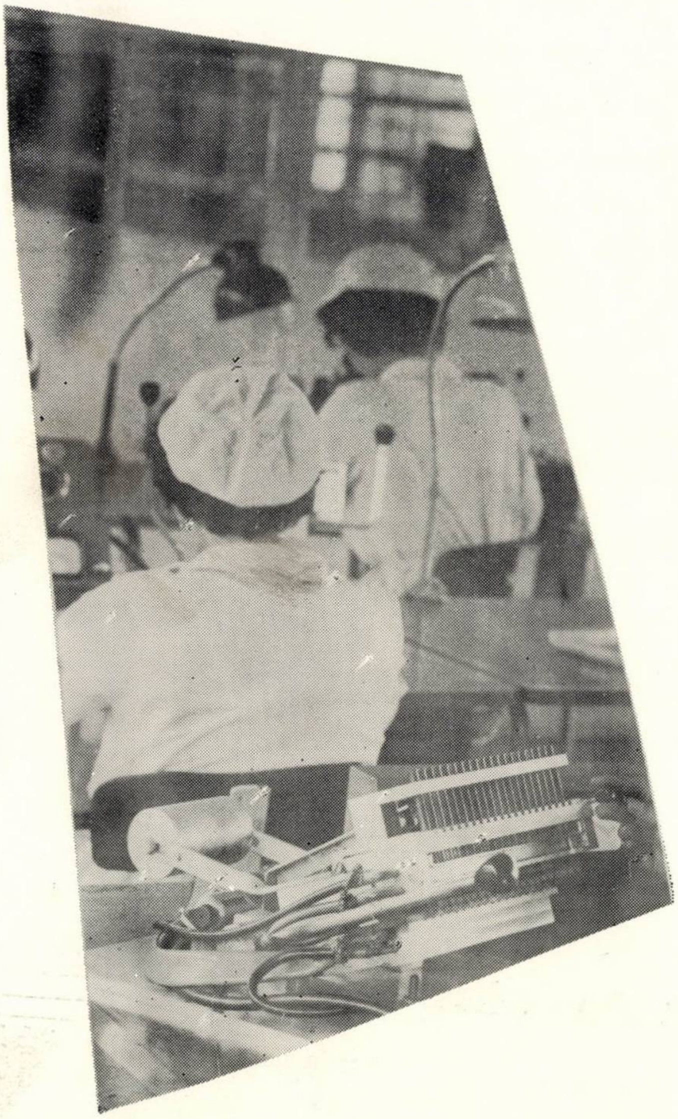
INTREPRINDEREA DE REŢELE ELECTRICE
Str. Victoriei nr. 66 -
Jud. Maramureş
BAIA MARE

IPRS

PIESE RADIO

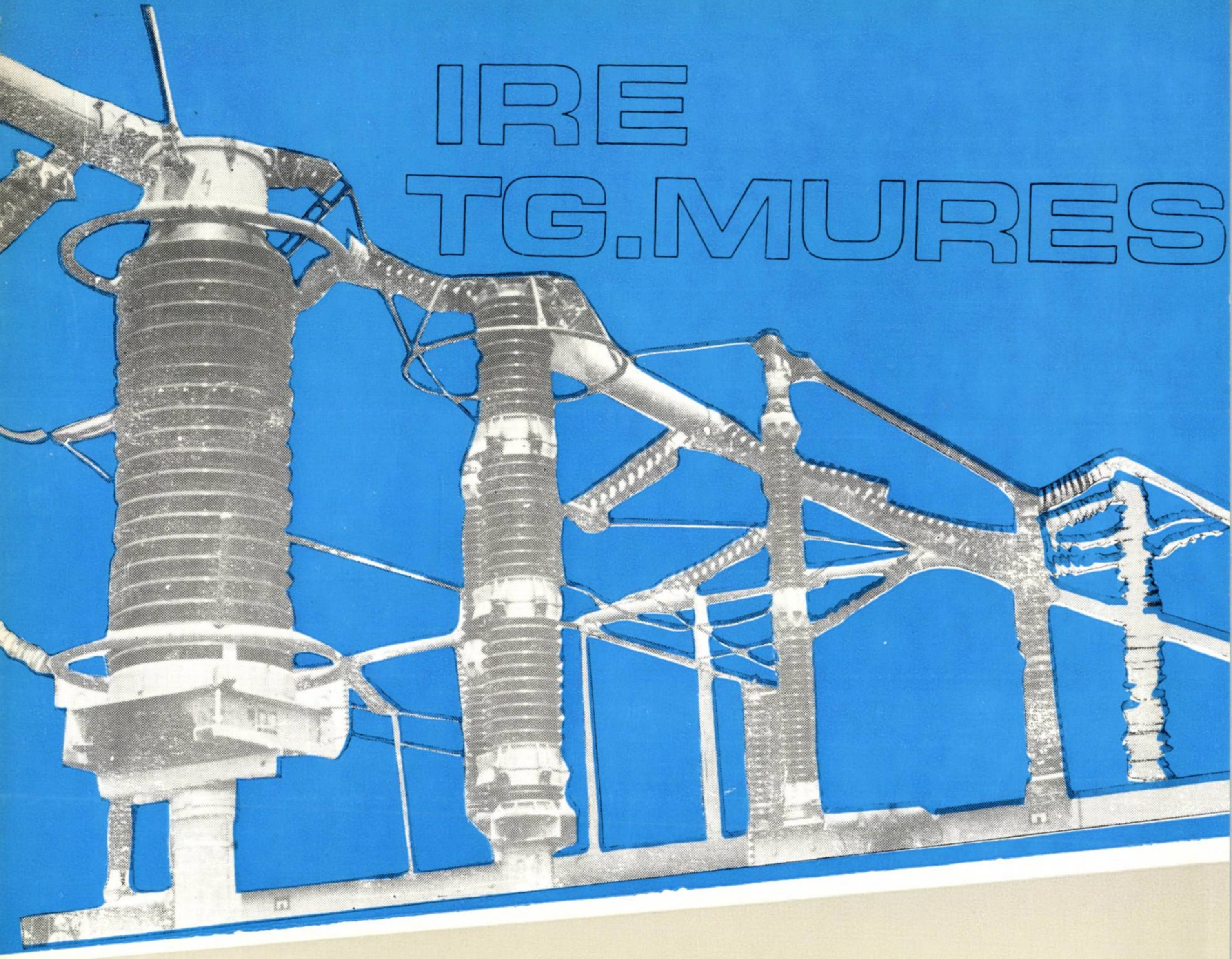
- Rezistoare fixe cu peliculă de carbon
- Rezistoare bobinate
- Termistoare
- Condensatoare cu poliester
- Condensatoare cu polistiren
- Condensatoare electrolitice normale
- Condensatoare electrolitice miniatură
- Condensatoare ceramice
- Condensatoare cu hîrtie uz general
- Condensatoare cu hîrtie metalizate
- Condensatoare telefonice
- Condensatoare auto
- Condensatoare pentru tuburi fluorescente
- Cablaje imprimate

ÎNTREPRINDEREA DE PIESE RADIO ŞI SEMICONDUCTORI BĂNEASA
STR EROU IANCU NICOLAE NR 32 ● SECTORUL 2 ● TELEFON 33.38.30 ● TELEX 011203



DISPOZITIVE SEMICONDUCTOARE

- Tranzistoare cu germaniu de joasă frecvenţă
  - — de mică putere
  - — de medie putere
  - — de putere
- Tranzistoare cu germaniu, de înaltă frecvenţă
  - — de mică putere
  - — drift de mică putere
- Diode cu germaniu cu contact punctiform
- Redresoare cu germaniu de medie putere
- Fotodiode cu germaniu
- Diode redresoare cu siliciu
  - — de mică putere
  - — de putere
- Diode Zener de mică putere



IRE
TG.MURES

PRODUCE, TRANSPORTA SI DISTRIBUIE energie electrică
în reţele electrice de înaltă, medie şi joasă tensiune

EXECUTA :

. lucrări de construcţii - montaj la electrificări rurale şi industriale şi instalaţii interioare

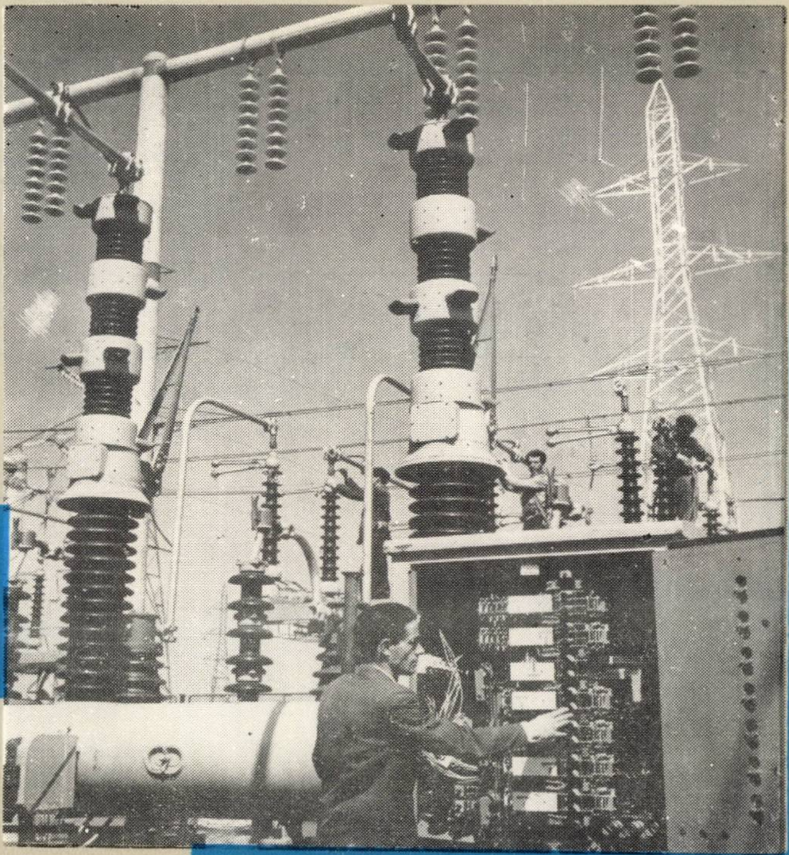
. verificări de aparate electrice de măsură şi control în laboratorul PRAM-

. lucrări de întreţinere la iluminatul public
. proiecte de instalaţii energetice

SERVICIILE DE SPECIALITATE ALE IRE TG. MURES VA STAU LA DISPOZITIE PENTRU REZOLVAREA IN CONDITII TEHNICE SI ECONOMICE SUPERIOARE A PROBLEMELOR PRIVIND ALIMENTAREA CU ENERGIE ELECTRICA.

întreprinderea de reţele electrice TG.MUREŞ

Strada Elba nr. 3, Judeţul Mureş



TEM

roduce prin unităţile sale industriale:

- Stîlpi metalici pentru linii electrice aeriene de înaltă și foarte înaltă tensiune în construcție sudată sau bulonată zincată;
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat pentru linii electrice aeriene de înaltă, medie și joasă tensiune;
- Panouri de comandă, măsură, protecție și semnalizare pentru centrale și stații electrice;
- Celule prefabricate de tip deschis pînă la 20 kV și 250 A;
- Posturi de transformare urbane și rurale complet prefabricate pînă la 20 kV și 630 kVA;
- Diverse prefabricate pentru centrale electrice, stații, posturi de transformare și linii electrice de transport și distribuție.

Execută prin unităţile sale de construcţii:

— Stații electrice pînă la kV și posturi de transformare de orice mărime și pentru orice raport de transformare;
— Linii electrice aeriene de transport și distribuție pentru tensiuni pînă la 400 kV;
— Linii electrice de distribuție în cabrlu de înaltă medie și joasă tensiune;
— Electrificări rurale;
— Instalații de iluminat pu·blic.

La executarea produselor industriale şi a instalaţiilor electrice, Trustul Electromontaj foloseşte procedee tehnologice moderne de mare productivitate, care conduc la durate scurte de execuţie şi la un înalt nivel calitativ al lucrărilor şi produselor.

TRUSTUL ELECTROMONTAJ

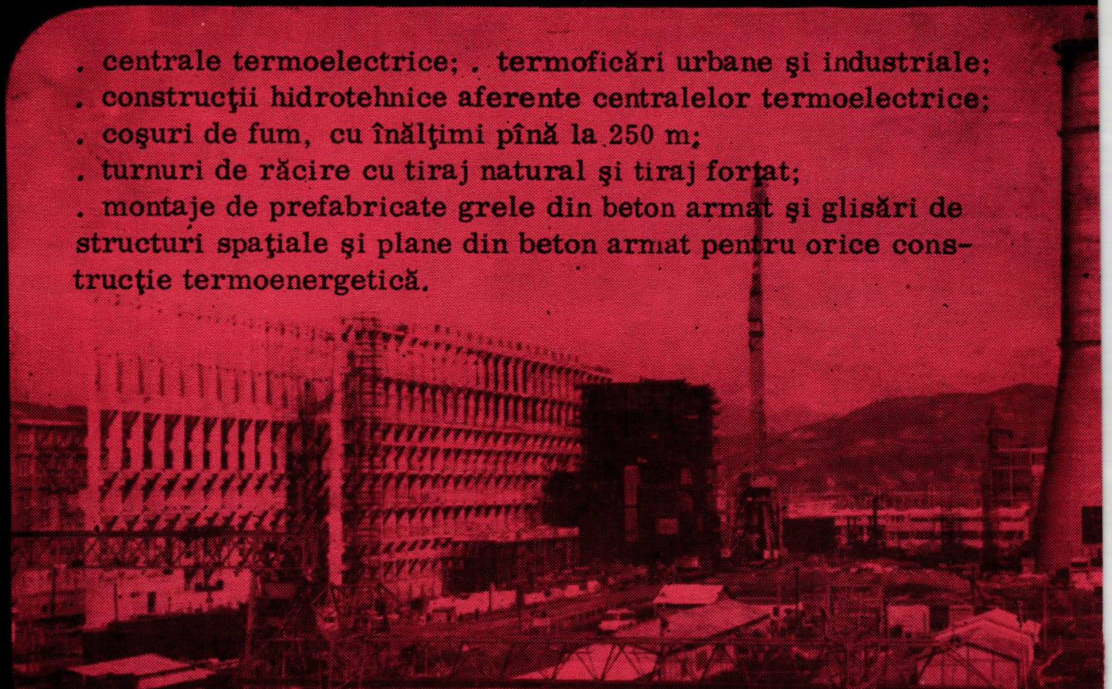
BUCUREŞTI

CALEA MOȘILOR Nr. 158
telefon: 16.63.30., telex TRELMONTAJ — 271

TCME

TRUSTUL DE CONSTRUCTII SI MONTAJE ENERGETICE
BUCURESTI, CALEA MOSILOR NR. 158
telefon 16 63 30 - telex 271

EXECUTA PRIN UNITATILE SALE DE CONSTRUCTII :
Lucrări de construcţii termoenergetice ca :



. centrale termoelectrice; . termoficări urbane şi industriale;
. construcţii hidrotehnice aferente centralelor termoelectrice;
. coşuri de fum, cu înălţimi pînă la 250 m;
. turnuri de răcire cu tiraj natural şi tiraj forţat;
. montaje de prefabricate grele din beton armat şi glisări de structuri spaţiale şi plane din beton armat pentru orice construcţie termoenergetică.

EXECUTA
PRIN UNITATILE
SALE DE MONTAJ

. cazane de abur moderne de mare capacitate cu parametri ridicaţi ;
. turbine cu abur pînă la 330 MW ; . turbine cu gaze pînă la 35 MW ;
. turbine hidraulice pînă la 170 MW ;
. generatoare electrice ; . compensatoare sincrone ;
. instalaţii termomecanice şi hidromecanice pentru centrale termoelectrice şi hidroelectrice ;
. instalaţii electrice de joasă, înaltă şi foarte înaltă tensiune, aferente centralelor electrice ;
. instalaţii de măsură, control şi automatizare, atît la partea mecanică, cît şi la partea electrică a centralelor electrice.

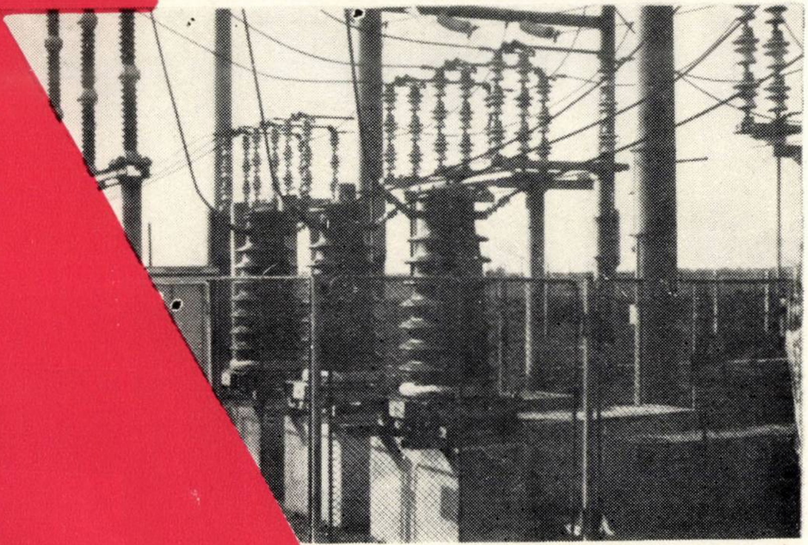
Lucrările de construcţii şi montaje, se execută de către Trustul de Construcţii şi Montaje Electrice prin metode tehnologice moderne de mare productivitate, în durate de timp minime şi la un înalt grad de calitate.

IDEB

PROIECTEAZĂ
EXECUTĂ
EXPLOATEAZĂ

— Instalații electrice, necesare transportului, transformării, distribuției și alimentării cu energie electrică a consumatorilor casnici și industriali, a iluminatului străzilor și bulevardelor etc., de pe teritoriul Municipiului București.

— Prin gradul ridicat de tehnicitate, calitatea proiectelor, execuției lucrărilor și exploatării instalațiilor, alimentarea cu energie electrică a consumatorilor se face continuu în cele mai bune condiții tehnice și economice.

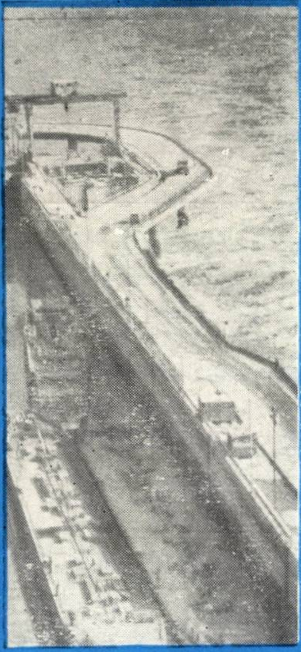


— Pentru orice probleme legate de alimentarea cu energie electrică și funcționarea instalațiilor electrice, adresați-vă cu încredere serviciilor de specialitate ale întreprinderii și în mod special pentru:

- sporuri de putere pentru obiective industriale și construcții de orice fel;
- studii și proiecte pentru alimentarea cu energie electrică;
- montarea și verificarea agregatelor de măsură;
- verificarea instalațiilor electrice interioare și a prizelor de pămînt;
- furnizarea datelor necesare pentru stabilirea oportunității executării instalațiilor de îmbunătățirea factorului de putere;
- asistență tehnică necesară la punerea în funcțiune a instalațiilor de alimentare cu energie electrică;
- remedierea deranjamentelor din rețeaua de alimentare.

INTREPRINDEREA DE DISTRIBUTIE A ENERGIEI ELECTRICE
BUCURESTI B-dul 1 Mai nr. 41-43 telefon: 18 08 00

INTREPRINDEREA DE CONSTRUCŢII HIDROENERGETICE BUCUREŞTI

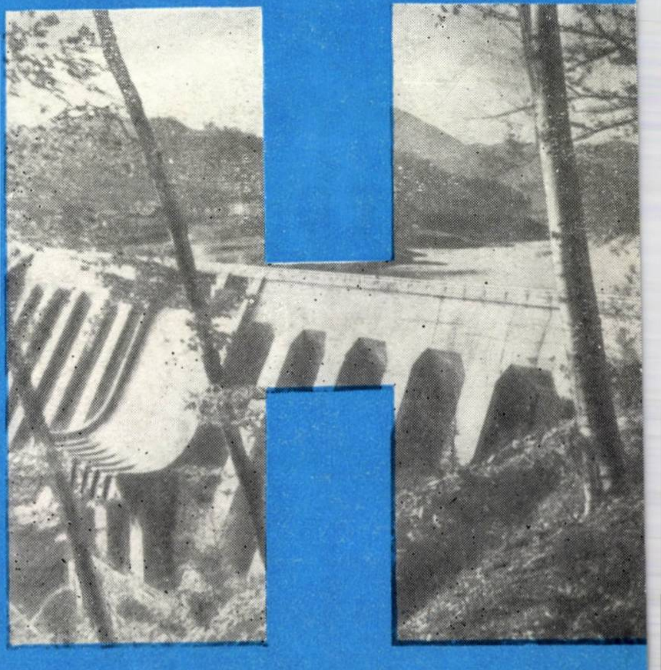


EXÉCUTE DES TRAVAUX DE GÉNIE CIVIL POUR DES CENTRALES HYDRAULIQUES DE TOUTE SORTE ET DES SYSTÈMES D'AMÉNAGEMENTS À BUTS MULTIPLES :

- Barrages de divers types
- Salles des machines des usines hydro-électriques souterraines et de surface
- Canaux et galeries d'adduction et d'évacuation
- Cheminées d'équilibre
- Travaux de bétons spéciaux pour les installations hydro-électriques et hydromécaniques
- Écluses
- Tunnels et galeries hydrotechniques
- Aménagements pour l'alimentation en eau des grandes industries
- Installations complexes pour la préparation des agrégats de béton

LES TRAVAUX DE GÉNIE CIVIL SONT EXÉCUTÉS PAR ICH BUCUREŞTI EN CONDITIONS DE SÛRÉTE ET QUALITÉ SUPÉRIEURE PAR DES PROCÉDÉS TECHNOLOGIQUES MODERNES DE HAUTE PRODUCTIVITÉ ET DE MINIME DURÉE DE TEMPS

1971 NOV 2



CARRIES OUT HYDRO-ELECTRIC DEVELOPMENTS AND POWER PLANTS, COMPLEX RIVER HARNESSING SCHEMES :

- ● Dams of all types
- ● Machine halls for underground and overground hydro-electric power plants
- ● Head races and tailraces
- ● Surge tanks
- ● Special concrete works for hydro-electrical and hydro-mechanical equipment
- ● Locks
- ● Supply tunnels and galleries
- ● Harnessing for water supply of important industries
- ● Concrete aggregates preparating station

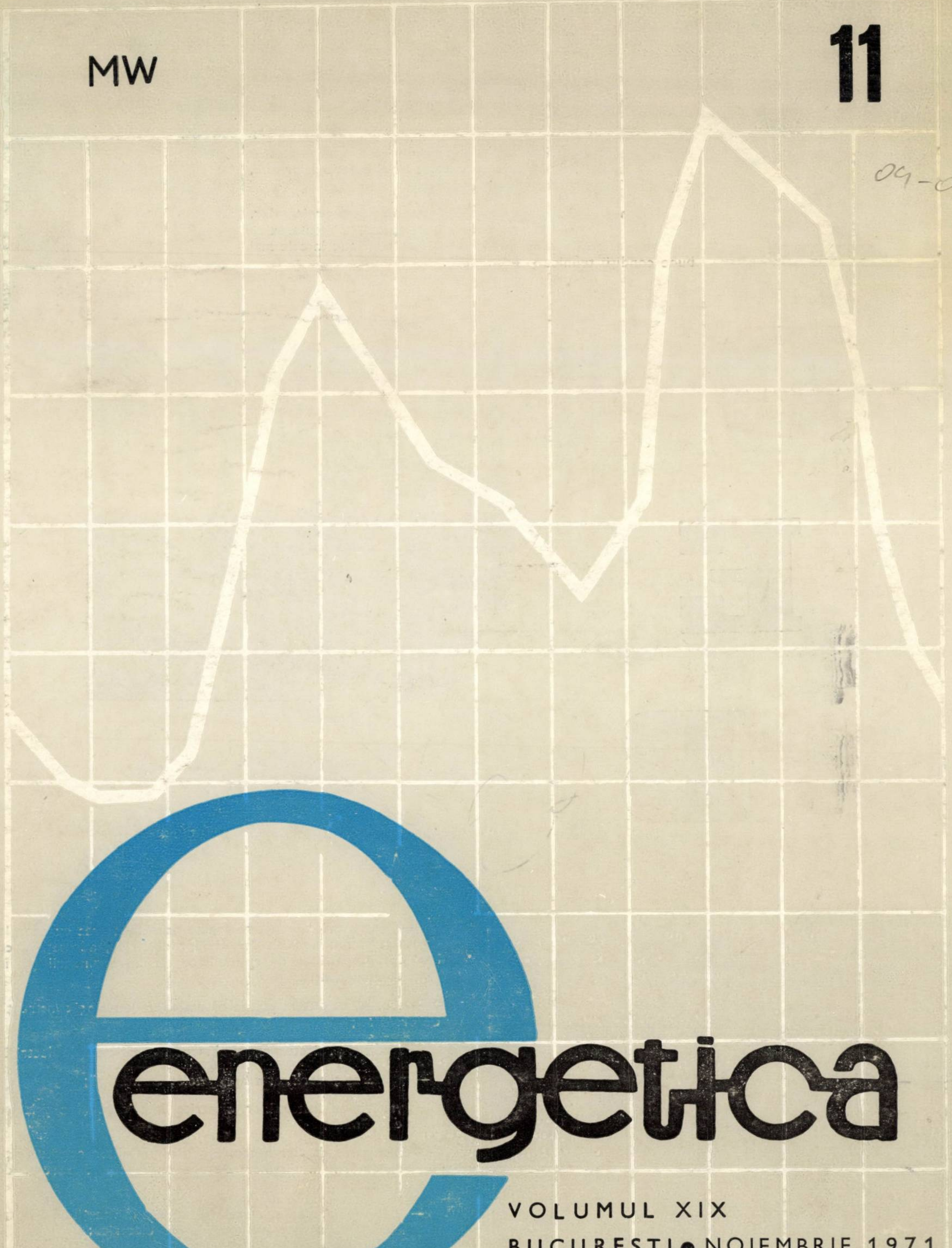
THE CONSTRUCTION WORKS ARE CARRIED OUT BY ICH BUCUREŞTI IN HIGH QUALITY AND SAFETY CONDITIONS BY MODERN AND HIGH PRODUCTIVITY TECHNOLOGIC APPROACHES IN SHORT DELIVERY TIMES

Head office :
ICH BUCUREŞTI
STR. DIMITRIE ONCIUL
NR. 23—25
TEL. 35.54.70,
ELEX : INCOHIDROEN —244

E 2039

04-001/1

11



energetica

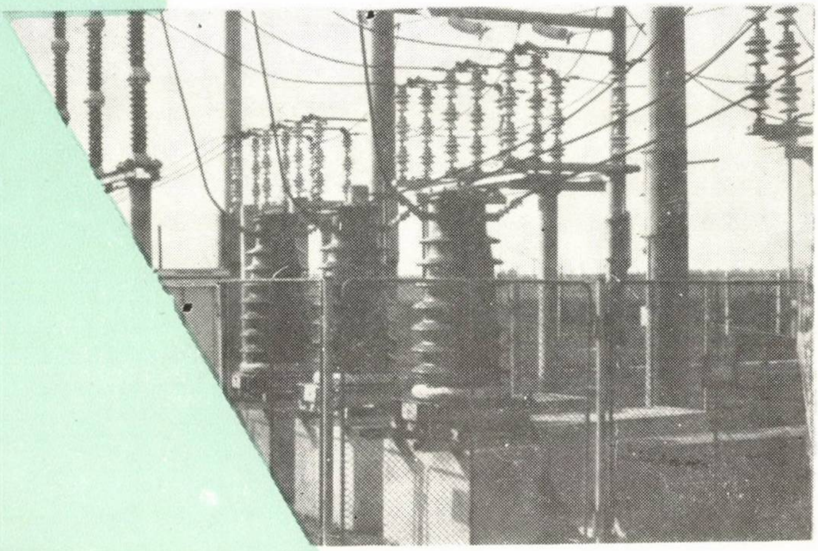
VOLUMUL XIX
BUCUREȘTI • NOIEMBRIE 1971

IDEB

PROIECTEAZĂ
EXECUTĂ
EXPLOATEAZĂ

— Instalații electrice, necesare transportului, transformării, distribuției și alimentării cu energie electrică a consumatorilor casnici și industriali, a iluminatului străzilor și bulevardelor etc., de pe teritoriul Municipiului București.

— Prin gradul ridicat de tehnicitate, calitatea proiectelor, execuției lucrărilor și exploatării instalațiilor, alimentarea cu energie electrică a consumatorilor se face continuu în cele mai bune condiții tehnice și economice.



— Pentru orice probleme legate de alimentarea cu energie electrică și funcționarea instalațiilor electrice, adresați-vă cu încredere serviciilor de specialitate ale întreprinderii și în mod special pentru:

- sporuri de putere pentru obiective industriale și construcții de orice fel;
- studii și proiecte pentru alimentarea cu energie electrică;
- montarea și verificarea agregatelor de măsură;
- verificarea instalațiilor electrice interioare și a prizelor de pămînt;
- furnizarea datelor necesare pentru stabilirea oportunității executării instalațiilor de îmbunătățirea factorului de putere;
- asistență tehnică necesară la punerea în funcțiune a instalațiilor de alimentare cu energie electrică;
- remedierea deranjamentelor din rețeaua de alimentare.

INTREPRINDEREA DE DISTRIBUTIE A ENERGIEI ELECTRICE
BUCURESTI B-dul 1 Mai nr. 41-43 telefon: 18 08 00

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL
AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

ANUL 19 Nr. 11 NOIEMBRIE

Cuprinsul

		Pag.
Iancovici, P. şi *Grăniceanu, M.*	**Aspecte economice ale compensării puterii reactive în sistemul energetic naţional**	525–533
Lup, L., Vîlcereanu, Gh. şi *Breazu, Fl.*	**Metode de calcul al puterilor efectiv utilizabile ale sistemului electroenergetic**	534–539
Barbu, V., Iorga, D. şi Jădăneanţu, M.	**Turnuri şi aparate de răcire cu transport pelicular**	539–545
Stanisavlievici, L.	**Consideraţii asupra unor aspecte ale regimului chimic al apei din cazane**	545–550
Popescu-Ghimpaţi, Cr.	**Tehnici şi tehnologii practicate în protecţiile anticorosive peliculare**	550–554
Chirica, M.	**Comportarea răşinilor schimbătoare de ioni în prezenţa sulfurilor din apa brută care alimentează instalaţia de demineralizare**	555–559
Ivas, D. A., Ştirbu, C. şi *Sevastre, I.*	**Compararea soluţiilor constructive pentru instalaţiile de distribuţie exterioare, după criterii multiple, prin metoda ,,ELECTRE''**	559–562
Constantin, E.	**Calculul simplificat al componentelor modale pentru o linie de transport cu conductoare dispuse vertical**	563–570

RECENZII

INFORMAŢII TEHNICE

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. univ. emerit ing. I. D. STĂNCESCU, redactor responsabil. ing. Gr. IORGULESCU, redactor responsabil adjunct, conf. ing. I. A. BADEA, ing. ST. BERENGHI, conf. ing. A. COGĂLNICEANU, dr. ing. P. DIMO. membru corespondent al Academiei Republicii Socialiste România, laureat al Premiului de Stat, ing. H. FURTUNESCU, ing. P. IFTIME, ing. L. LUCA, ing. B. MARCU, dr. ing. A. MĂCRIŞ, conf. ing. C. MIHĂILEANU, prof. dr. ing. V. I. NIŢU, ing. A. SPÎNU, ing. R. ZANE

OFICIUL DE DOCUMENTARE ENERGETICĂ

Cheile pneumatice cu impact reduc timpii de asamblare și reparare

În atelierele de reparații jumătate din timpul efectiv de lucru este consumat pentru desfacerea și înșurubarea piulițelor și șuruburilor. De asemenea, la lucrările de asamblare și demontare, o parte din timp este pierdut pentru astfel de operații.

Cheile pneumatice cu impact reduc considerabil timpul pentru aceste operații. Importante economii de timp pot fi obținute la înlocuirea unui mare număr de șuruburi, sau la asamblarea motoarelor sau a diferitelor mașini.

Un model pentru șuruburi de orice dimensiuni

Atlas Copco oferă o gamă largă de chei cu impact pentru îmbinări cu șuruburi variind între 6—32 mm.

Toate modelele se caracterizează printr-un motor pneumatic puternic, de tipul cu palete neprelucrate. Cuplul motorului este multiplicat de cîteva ori în timpul cursei de lucru. Absența cuplului de reacție ușurează munca lucrătorului.

Se pot alege din două tipuri – chei cu impact cu mecanism cu un singur șoc sau cu două șocuri

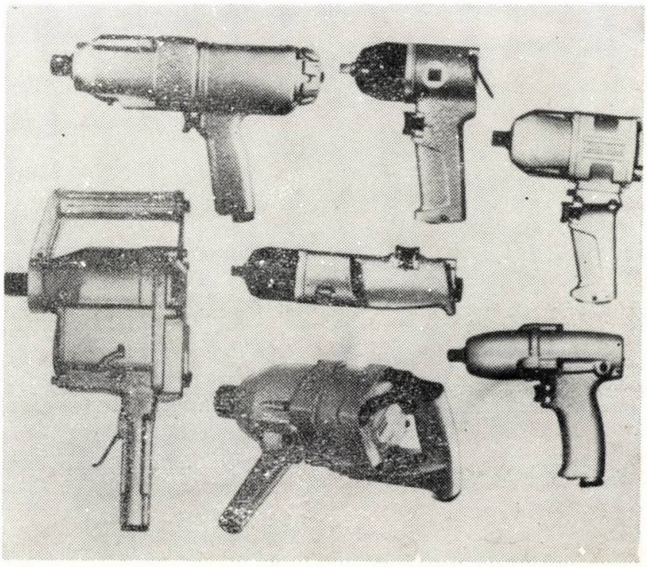
Ca și rotorul, mecanismul cu un singur șoc are numai patru piese în mișcare într-un ansamblu foarte simplu și ușor de urmărit. Aceste chei dezvoltă un puternic șoc și lucrează cu 10—17 impacturi/s. Ele sînt ideale pentru cele mai multe tipuri de îmbinări fixe.

Mecanismul lucrează în ambele sensuri. Cuplul se reglează ușor. De aceea, cheia poate fi utilizată pentru desfacerea unui șurub cu un cuplu mare sau pentru înșurubarea unui nou șurub la un cuplu de strîngere cu valoare prestabilită.

Chei cu dublu șoc

La tipul cu dublu șoc motorul funcționează la o turație ridicată și cheia asigură două șocuri pe rotație. Ca urmare, impulsurile cuplului sînt mai slabe dar mai frecvente, 30—45 impacturi/s — efectul de continuitate fiind ideal pentru îmbinări. Cheia cu dublu șoc este o sculă cu destinație universală, în special pentru îmbinări rezistente la șoc.

O selecție de modele și dimensiunile lor



Denumirea tipului	Dimensiunile maxime ale șurubului, mm	Impacturi/min	Greutate, kg
Modele cu un singur șoc			
LMS 054	6	1000	1,45
LMS 14	8	1000	1,6
LMS 24	10	950	2,4
LMS 34	12	750	2,9
LMS 44	16	700	3,8
LMS 64	32	600	7,9
Modele cu dublu șoc			
LMS 11	10	2800	1,9
LMS 25	16	1950	4,1
LMS 31	19	1850	5,0
LMS 41 V	22	2000	7,7

Folosiți cuponul alăturat pentru a cere informații tehnice

1) Atlas Copco AB, S-105 23 Stockholm, Suedia
Rog trimiteți detalii tehnice complete despre seria dv. completă de chei pneumatice cu impact.

2) Numele ....

3) Funcția ....

4) Adresa ....

Atlas Copco

PUBLICOM 11/69 ×

1883

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.316.761.2.003

Янкович, П. и *Грэничану, М.*: **Экономические аспекты компенсации реактивной мощности в национальной энергосистеме**

Обсуждается структура потребления и выработки реактивной мощности в национальной энергосистеме, подчеркивая характерные элементы, необходимые для установления подходящей политики компенсации реактивной мощности в будущем. Рассматривается также вопрос стоимости, связанной с выработкой реактивной мощности и энергии и с влиянием коэффициента мощности на эту стоимость.

Energetica 19 (1971), Nr. 11, стр. 525–533

ДК 621.311.154.001.2

Луп, Л., *Вылчереану, Г.* и *Брязу, Фл.*: **Расчетные методы для эффективно используемых мощностей электроэнергетической системы**

Представляются четыре метода для определения эффективно используемой мощности, а также и логичная расчетная схема для программирования на ЭВМ.

Energetica 19 (1971), Nr. 11, стр. 534–539

DK 621.175.3

Барбу, В., *Иорга, Д.* и *Жэдэнеанцу, М.*: **Охлаждающие приборы и башни с пленочным транспортом**

Представляются испытания новой охлаждающей системы в охлаждающих башнях, основанной на подвижных пленочных поверхностях.

Energetica 19 (1971), Nr. 11, стр. 539–545

ДК 621.187.11

Станисавльевич, Л.: **Соображения по некоторым аспектам химического режима воды в котлах**

Сравнительный анализ существующих норм, касающихся химического режима воды в котлах, их теоретическое обоснование и значение для правильной эксплуатации котлов.

Energetica 19 (1971), Nr. 11, стр. 545–550

ДК 620.197

Попеску-Гимпаць, К.: **Методы и технология используемые для пленочных антикоррозийных защит**

Рассматриваются последовательно и систематически разные методы для пленочной антикоррозийной защиты теплоэнергетического оборудования и узлов, находящихся в контакте с коррозийными продуктами.

Energetica 19 (1971), Nr. 11, стр. 550–554

ДК 621.187.128

Кирика, М.: **Поведение ионообменных смол при наличии сульфидов в сырой воде, которой снабжена установка для деминерализации**

Представлены результаты лабораторных испытаний, проведенных в целях определения влияния сульфидов, находящихся в воде, на ионообменники из установок для деминерализации электрических станций.

Energetica 19 (1971), Nr. 11, стр. 555–559

ДК 621.316.3.002

Ивас, Д., *Штирбу, К.* и *Севастре, И.*: **Сравнение конструктивных решений для внешних распределительных устройств по многочисленным критериям, методом „Электре"**

Energetica 19 (1971), Nr. 11, стр. 559–562

ДК 621.315.1.001.2

Константин, Е.: **Упрощенный расчет модальных составляющих для транспортной линии с вертикально расположенными проводами**

Energetica 19 (1971), Nr. 11, стр. 563–570

IMHALTSVERZEICHNIS

DK 261.316..761.2.003

Iancovici, P. und *Grăniceanu, M.* : **Wirtschaftliche Merkmale für den Ausgleich von Blindleistung im Landesverbundnetz**

Es wird die Gleiderung des Verbrauchs und der Erzeugung von Blindleistung im rumänischen Landesverbundnetz untersucht, mit Hinweis auf die für eine entsprechende, in Zukunft zu verfolgende Handhabung des Ausgleichs der Blindleistung erforderlichen Merkmale. Es werden auch die Frag der mit der Versorgung mit Blindleistung und-energie zusammenhängenden Kosten, sowie der Einfluss des Lesitungsfaktors auf diese Kosten erörtert.

Energetica 19 (1971), H. 11, S. 525–533

DK 621.311.154.001.2

Lup, L., *Vîlcereanu, Gh.* und *Breazu, Fl.* : **Berechnungsverfahren der tatsächlich verfügbaren in Verbundnetzen**

Es werden vier Verfahren für Berechnung der tatsächlich verfügbaren Leistung dargestellt, wobei auch ein logisches Berechnungsschema für die Programmierung auf einem elektronischen Rechner angegeben wird.

Energetica 19 (1971), H. 11, S. 534–539

DK 621.175.3

Barbu, V., *Iorga, D.* und *Jădăneanțu, M.* : **Kühltürme und-geräte mit filmartiger Fortbewegung des Wassers**

Es werden die Ergebnisse eines neuartigen, auf beweglichen, drehbaren Vorrichtungen und filmartigen Abfluss beruhenden Kühlsystems erörtert.

Energetica 19 (1971), H. 11, S. 539–545

DK 621.187.11

Stanisavlievici, L. : **Betrachtungen über das chemische Regime des Kesselwassers**

Vergleich der bestehenden Normen bezüglich der chemischen Betriebszustände des Kesselwassers, ihre theoretische Begründung und ihre Bedeutung für einwandfreien Betrieb von Kesseln.

Energetica 19 (1971), H. 11, S. 545–550

DK 620.197

Popescu-Ghimpați, C. : **Verfahren und Verfahrensweisen für filmartigen Korrosionsschutz**

Kurze systematische Übersicht der verschiedenen Verfahren für filmartigen Korrosionsschutz für Anlageteile von Dampfkraftwerken, die infolge der zersetzenden Wirkung in der Atmosphäre freigelassener Abfallstuffe geschädigt werden.

Energetica 19 (1971), H. 11, S. 550–554

DK 621.187.128

Chirica, M. : **Verhalten von Kinstharz-Ionenaustauscher in Gegenwart von Sulphaten im Kühlwasserzulauf einer Entmineralisierungsanlagen**

Es werden die Ergebnisse von Laborversuchen erörtert, welche den Einfluss von im Rohkühlwasser enthaltenen Sulphaten auf die Ionenaustauscher in Entmineralisierungsanlagen von Kraftwerken untersuchen.

Energetica 19 (1971), H. 11, S. 555–559

DK 621.316.3.002

Ivas, D. A., *Ştirbu, C.* und *Sevastre, I.* : **Vergleich der Schaltbilder für Freiluftschaltanlagen, nach dem ,,ELECTRE" Verfahren bei Anwendung vielfältiger Merkmale**

Energetica 19 (1971), H. 11, S. 559–562

DK 621.315.1.001.2

Constantin, E.: **Vereinfachte Berechnung von modalen Komponenten einer Hochspannungsleitung mit vertikal angebrachten Leitern**

Energetica 19 (1971), H. 11, S. 563–570

SOMMAIRE

CD 621.316.2.003

Iancovici, P. et *Grăniceanu, M.* : **Aspects économiques de la compensation de la puissance réactive dans le réseau électrique national**

Les auteurs examinent la structure de la consommation et de la production de puissance réactive dans le réseau roumain, tout en soulignant les éléments caractéristiques exigés pour établir une politique adéquate de compensation de la puissance réactive dans l'avenir. Ils étudient aussi le problème des coûts de fourniture de la puissance et de l'énergie réactive ainsi que l'influence du facteur de puissance sur ces coûts.

Energetica 19 (1971), no. 11, p. 525—533

CD 621.311.154.001.2

Lup, L., Vilcereanu, Gh. et *Breazu, Fl.* : **Méthodes de calcul des puissances effectivement utilisables dans le réseau électrique**

L'article présente quatre méthodes employées pour établir la puissance effectivement utilisable y compris le schéma logique de calcul pour programmation sur un calculateur électronique.

Energetica 19 (1971), no. 11, p. 534—539

ДК 621.175.3

Barbu, V., *Iorga, D.* et *Jădăneanțu, M.* : **Tours et installations de réfrigération avec transport pelliculaire de l'eau**

Il s'agit d'essais faits avec un nouveau système de réfrigération utilisant des surfaces pelliculaires mobiles (tournantes).

Energetica 19 (1971), no. 11, p. 539—545

CD 621.187.11

Stanisavlievici, L. : **Considérations sur quelques aspects du régime chimique de l'eau des chaudières**

Analyse comparative des standards concernant le régime chimique de l'eau des chaudières, leur justification théorique et leur importance pour l'exploitation convenable des chaudières.

Energetica 19 (1971), no. 11, p. 545—550

CD 620.197

Popescu-Ghimpați, C.: **Techniques et technologies pratiquées pour les protections par pellicules anti-corrosives**

Présentation brève et systématiques de différents procédés de protection par pellicules anti-corrosives des équipements thermiques qui sont en contact avec une atmosphère polluée par des produits nocifs.

Energetica 19 (1971), no. 11, p. 550—554

CD 621.187.128

Chirica, M. : **Le comportement des échangeurs d'ions en présence des sulphures contenues par l'eau passée par l'installation de démineralisation**

On présente les résultats des essais de laboratoire faits en vue de déterminer l'influence des sulphures contenues dans l'eau sur les échangeurs d'ions dans les postes de démineralisation des centrales thermiques.

Energetica 19 (1971), no. 11, p. 555—559

CD 621.316.3.002

Ivas, D. A., Ştirbu, C. : et *Sevastre, I.* : **Comparaison des solutions constructives pour les installations de distribution type outdoor, d'après des critères multiples, par la méthode „ELECTRE"**

Energetica 19 (1971), no. 11, p. 559—562

CD 621.315.1.001.2

Constantin, E.: **Le calcul simplifié des composantes modales pour une ligne de transport ayant les conducteurs disposés verticalement**

Energetica 19 (1971), no. 11, p. 563—570

CONTENTS

DC 621.316.761.2.003

Iancovici, P. and *Grăniceanu, M.* : **Economic aspects of the compensation of reactive power in the power system**

The authors examine the structure of reactive power production and consumption in Romania's power system while emphasizing the characteristic elements needed to establish an adequate policy for the future compensation of reactive power. Also examined are the problems of costs connected with reactive power and energy supply and the influence of the power factor on these costs.

Energetica 19 (1971), nr. 11, p. 525—533

DC 621.311.154.001.2

Lup. L., Vilcereanu, Gh. and *Breazu. Fl.* : **Methods to calculate effectively usable power in the system**

Here are four methods used to establish power effectively usable, including the logical calculation diagram to be programmed on a computer.

Energetica 19 (1971), nr. 11, p. 534—539

DC 621.175.3.

Barbu, V., *Iorga, D.* and *Jădăneanțu, M.* : **Cooling towers and cooling devices with mobile (rotating) film flow**

This article presents the tests made with a new cooling system based on mobile (rotating) film flow.

Energetica 19 (1971), nr. 11, p. 539—545

DC 621.187.11

Stanisavlievici, L. : **Some considerations about various aspects of the chemical conditions of boiler water**

A comparison is made between valid standards regarding the chemical conditions of boiler water, their theoretical foundation and their importance for the adequate operation of boilers.

Energetica 19 (1971), nr. 11, p. 545—550

DC 629.197

Popescu-Ghimpați, C. : **Techniques and technogies applied to the use of anti-corrosion films**

This is a brief and systematic presentation of various systems of anti-corrosion film-coat applications on thermal plant equipments plunged in polluted air.

Energetica 19 (1971), nr. 11, p. 550—554

DC 621.187.128

Chirica, M. : **Ion-exchanger behaviour in the presence of sulphides contained by raw water supplying demineralizing plants**

This article presents the results of laboratory tests made to determine the influence of sulphides in the water passed through ion exchangers in the demineralizing plants of power stations.

Energetica 19 (1971), nr. 11, p. 555—559

DC 621.316.3.002

Ivas, D. A., Ştirbu, C. und *Sevastre, I.* : **The comparing of building solutions for outdoor distribution substations, according to multiple criteria, by means of the „ELECTRE" method**

Energetica 19 (1971), nr. 11. p. 559—562

DC 621.315.1.001.2

Constantin, E. : **The simplified calculation of the modal componets for a power transmission line with vertical conductors**

Energetica 19 (1971), nr. 11, p. 533—570

Aspecte economice ale compensării puterii reactive în sistemul energetic național

Ing. **P. Iancovici** și
ing. **M. Grăniceanu**[*]

1. Generalități

Funcționarea receptoarelor electrice necesită nu numai asigurarea de energie activă ce se transformă în energie utilă, ci și de energie reactivă necesară întreținerii cîmpurilor magnetice.

Pe lîngă consumul de energie reactivă, propriu consumatorilor, rețelele electrice sînt sediul unor pierderi importante de putere reactivă ce se produc în reactanțele liniilor și transformatoarelor.

În general, puterea reactivă disponibilă la centrale nu poate acoperi singură tot necesarul de putere reactivă din sistem. (Centralele cu grupuri de mare putere au factorul de putere nominal mai ridicat decît factorul de putere mediu al consumului total).

Pe de altă parte, puterea reactivă nu se poate transporta la distanță în condiții tehnice și economice avantajoase. Dotarea sistemelor energetice cu surse suplimentare de putere reactivă (compensatoare sincrone și baterii de condensatoare) este o preocupare curentă a furnizorului de energie electrică în toate sistemele energetice dezvoltate.

Evident, asigurarea mijloacelor de compensare a puterii reactive afectează costul energiei electrice furnizate.

În legătură cu aceste probleme, lucrarea de față prezintă rezultate ale unor examinări recente privind situația consumului de putere reactivă în sistemul nostru energetic și a compensării lui, precum și influența factorului de putere al consumatorilor asupra costului energiei electrice.

2. Situația consumului de putere reactivă și practica compensării în sistemul energetic național al României

Analize făcute în ultimii patru ani asupra consumului de putere reactivă din sistem, în zile caracteristice de sarcină (zile de sarcină maximă anuală), au permis să se stabilească caracteristicile consumului de putere reactivă, gradele de compensare realizate la principalele categorii de consumuri, dotarea cu surse de putere reactivă și utilizarea acestora.

În cele ce urmează se vor folosi numai cîteva date privind caracteristicile consumului de putere reactivă și ale acoperirii lui, la nivelul anului 1969, date care ne vor permite să scoatem în evidență eficiența politicii de compensare aplicată în sistemul nostru energetic și să o comparăm cu situația din alte sisteme energetice dezvoltate.

2.1. *Consumul de putere reactivă pe ansamblul sistemului și pe principalele categorii de consum*

Consumurile totale de putere reactivă pe ansamblul sistemului s-au obținut însumînd puterile reactive produse orar de toate categoriile de surse (centrale, compensatoare sincrone, baterii de condensatoare-șunt, aportul capacitiv al liniilor de 110—220 kV).

a) *Consumul total pe sistem* (*T*). În figura 1 se prezintă curbele de sarcină activă și reac-

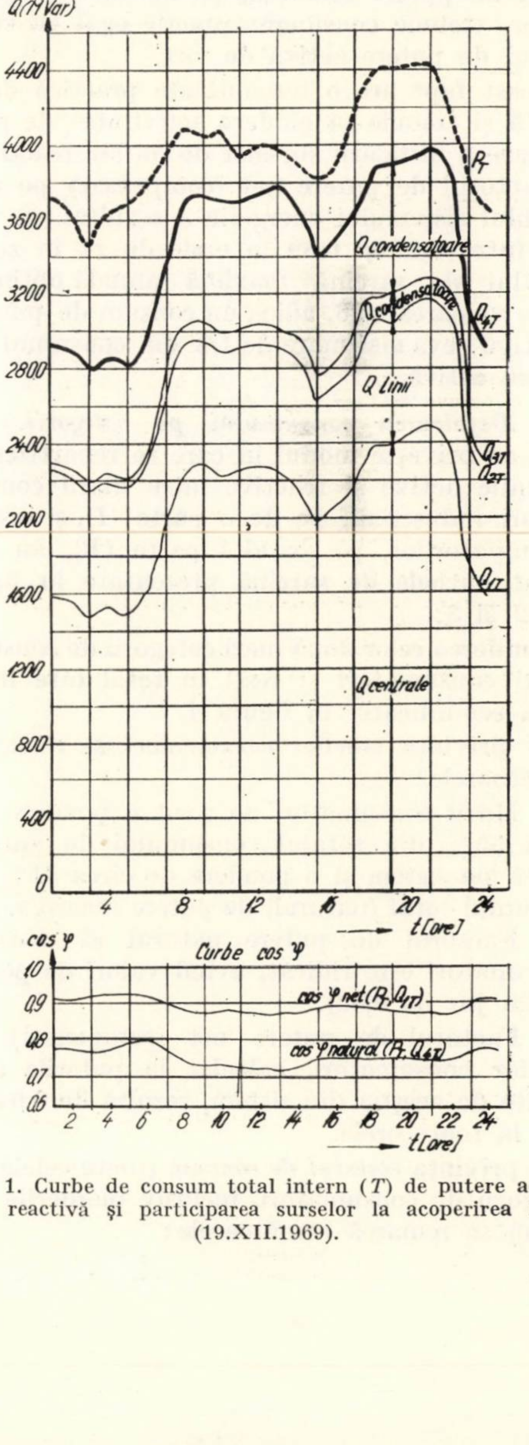


Fig. 1. Curbe de consum total intern (*T*) de putere activă și reactivă și participarea surselor la acoperirea lor (19.XII.1969).

---

[*] Persida Iancovici este inginer la ISPE; ing. Mihai Grăniceanu este șef de serviciu în Ministerul Energiei Electrice.

tivă (consumul total intern) în ziua de 19.XII. 1969. Remarcăm următoarele caracteristici principale :

— în zona vîrfului anual de sarcină, la o putere activă consumată de circa 4 400 MW, consumul de putere reactivă a fost de circa 3 900 MVAr ;

— factorul de putere natural al consumului intern pe ansamblul sistemului a fost, în zona vîrfului anual de sarcină, de circa 0,75 ; valorile factorului de putere natural în ore de zi au fost de 0,7—0,75, iar în timpul nopţii de 0,75—0,80.

Aceste rezultate concordă cu rezultatele similare obţinute în alte ţări ; ele confirmă concluziile specialiştilor, şi anume că consumul natural de putere reactivă, pe ansamblul sistemelor, trebuie considerat practic egal cu consumul de putere activă de vîrf.

Acest fapt are o însemnătate practică deosebită şi trebuie să ghideze activitatea de planificare a instalării surselor de putere reactivă.

Factorul de putere net (compensat) pe ansamblul sistemului energetic a rezultat cu valori între 0,87 şi 0,89 în orele de zi, în zona vîrfului de sarcină maximă anuală obţinîndu-se valoarea 0,88, adică un consum de putere reactivă ceva mai mare de 1/2 din consumul de putere activă.

b) *Defalcarea consumului pe categorii.* În ceea ce priveşte modul în care se repartizează sarcinile active şi reactive între marii consumatori industriali, pe de o parte (*I*), şi restul consumatorilor, pe de altă parte (*R*), au rezultat curbele de sarcină prezentate în figurile 2 şi 3.

Ponderea celor două mari categorii de consum (mari consumatori şi rest) în total este ilustrată semnificativ în figura 4.

În privinţa *marilor consumatori* se remarcă următoarele :

— Marii consumatori au avut o pondere de circa 55% din totalul consumului de putere activă pe sistem şi o pondere de circa 41% la consumul total (natural) de putere reactivă.

— Factorul de putere natural al marilor consumatori este ridicat, avînd valori de peste 0,8 (în jur de 0,83).

— Factorul de putere net (compensat) al marilor consumatori, calculat la puterile absorbite de aceştia din sistem, rezultă de 0,94—0,95 la toate orele.

În privinţa *restului de consum* (toate celelalte categorii de consumatori, inclusiv pierderile în reţele) se remarcă următoarele :

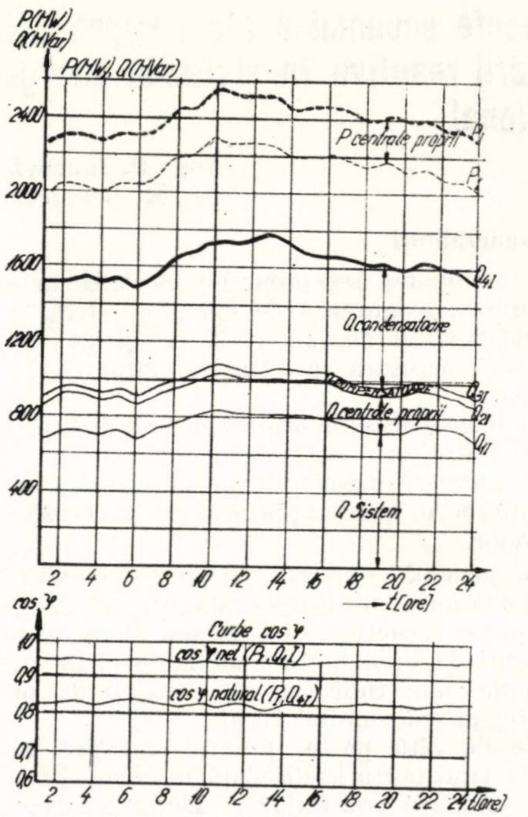


Fig. 2. Curbe de consum de putere activă şi reactivă la marii consumatori industriali (*I*) şi participarea surselor la acoperirea lor (19.XII.1969).

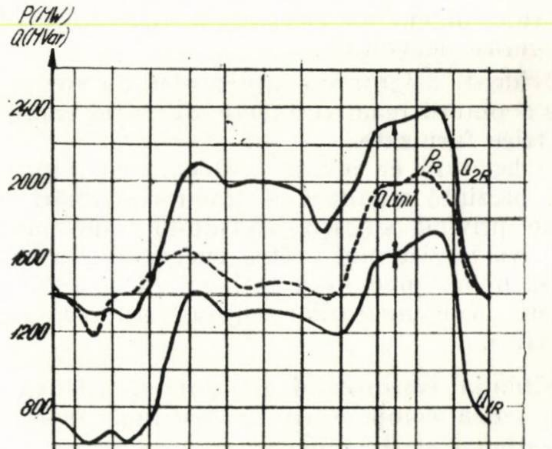


Fig. 3. Curbe de sarcină activă şi reactivă la alte categorii de consumatori (*R*), inclusiv pierderile în reţele (19.XII.1969).

— Acestei categorii de consum îi revine circa 45% din consumul total de putere activă şi circa 59% din consumul total de putere reactivă, constituind deci o cotă mai mare de consum de putere reactivă decît cota marilor consumatori.

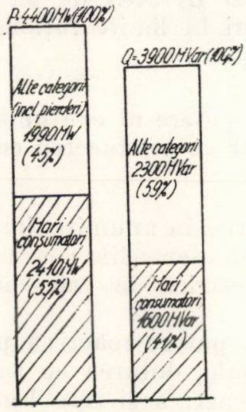


Fig. 4. Structura consumului intern la ora de vîrf din 19.XII.1969.

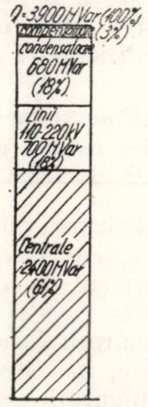


Fig. 5. Participarea surselor la acoperirea sarcinii reactive de vîrf (19.XII.1969).

— Factorul de putere natural al acestei categorii rezultă foarte scăzut, sub 0,7, cu valori chiar sub 0,6 în orele de vîrf de dimineaţă şi cu valori de circa 0,65 în zona vîrfului de seară.

— Factorul de putere net a rezultat, de asemenea, scăzut, cu valori cos $\varphi = 0{,}75$ în orele de zi.

Aceste elemente arată că ponderea cea mai mare în realizarea pe sistem a unui factor de putere net destul de scăzut (valoarea netă sub 0,9) revine nu marilor consumatori, ci restului consumatorilor şi pierderilor în reţele.

2.2. *Acoperirea consumului de putere reactivă*

În figurile 1, 2 şi 3 este arătată şi participarea diverselor categorii de surse de putere reactivă la acoperirea curbelor respective, iar în figura 5 ponderea participării surselor de putere reactivă la vîrful anual de sarcină din 1969. Se remarcă următoarele caracteristici :

— Pe ansamblul consumului de putere reactivă, se observă că centralele acoperă peste 60% din sarcina reactivă totală; bateriilor de condensatoare-şunt (instalate la marii consumatori industriali) şi liniilor de 110—220 kV le revin cote practic egale, de circa 18%; compensatoarele sincrone au pondere de numai 3%. În reţelele electrice de distribuţie şi la micii consumatori nu există în prezent montate surse de putere reactivă.

— Participarea cu circa 60% a centralelor ilustrează faptul că transportul de putere reactivă în sistemul nostru energetic are o pondere deosebit de importantă. Practic, centralele produc putere reactivă în apropierea capacităţii lor maxime şi sistemul funcţionează în general fără rezerve de putere reactivă în surse. Această situaţie conduce la dificultăţi în reglajul tensiunii la o funcţionare neeconomică şi la creşterea riscului de extindere a avariilor în sistem prin prăbuşiri de tensiune.

— Pentru comparaţie, în figura 6 se prezintă cîteva date privind situaţia surselor de putere reactivă în alte sisteme energetice dezvoltate.

Se observă că în alte sisteme energetice sursele suplimentare (compensatoarele sincrone şi bateriile de condensatoare) participă la acoperirea sarcinii cu cel puţin 50% din consumul total, centralelor revenindu-le cote mult mai mici decît în sistemul nostru energetic.

Sursele dispersate oferă posibilitatea reducerii în mare măsură a circulaţiilor de putere reactivă la nivelul reţelelor de tensiuni înalte şi foarte înalte, care funcţionează practic la cos $\varphi = 1{,}0$.

Condiţiile de reglaj de tensiune, utilizarea corectă a capacităţii de transport a reţelelor şi, în special, siguranţa funcţionării reţelelor sînt mult îmbunătăţite la asemenea condiţii de transport [3].

În ceea ce priveşte localizarea condensatoarelor-şunt, se remarcă faptul că acestea sînt asigurate nu numai la consumatori, ci şi în reţelele furnizorilor de energie electrică.

2.3. *Consideraţii asupra politicii de compensare promovate în ţara noastră*

Se ştie că în ţara noastră marii consumatori sînt stimulaţi să-şi ridice factorul de putere prin majorările şi reducerile aplicate la valoarea energiei electrice livrate, în cazul în care consumatorul realizează la energiile medii

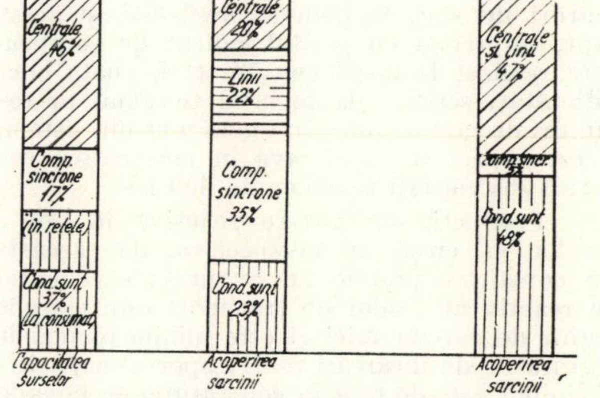


Fig. 6. Capacitatea surselor de putere reactivă şi utilizarea lor în alte sisteme energetice.

lunare un factor de putere ce iese din zona neutrală [2], cuantumul majorărilor sau reducerilor, în procente, fiind funcţie de factorul de putere efectiv realizat mediu lunar. La alte categorii de consumatori şi în reţelele de distribuţie publică nu se întreprind acţiuni organizate de compensare.

Rezultatul acestei politici s-a prezentat anterior. El constă în dotarea exclusivă a marilor consumatori cu surse suplimentare de putere reactivă, compensarea foarte ridicată a acestora (la $\cos \varphi = 0{,}95$), în timp ce restul consumului este practic necompensat ($\cos \varphi$ net $= 0{,}75$) şi factorul de putere net pe sistem este sub 0,9.

Se poate aprecia că actuala politică de compensare a energiei reactive nu mai dă satisfacţie, din următoarele motive :

— Capacitatea existentă a surselor de putere reactivă nu este suficientă, fiind, pe ansamblul sistemului, la limita capacităţii de producţie a centralelor ; în perspectivă, situaţia se va agrava datorită creşterii ponderii grupurilor mari cu factor de putere între 0,85 şi 0,9.

— Transportul de puteri reactive importante prin reţelele de 220 kV este un element care contribuie în mare măsură la înrăutăţirea siguranţei funcţionării sistemului şi la scăderea eficienţei tehnico-economice a funcţionării acestuia.

— Condensatoarele-şunt existente în sistem nu sînt judicios amplasate, în funcţie de poziţia în sistem a zonelor de consum, situaţia încărcării reţelelor, apropierea de centrale etc., marii consumatori neputînd ţine seama de aceste elemente la dotarea lor cu mijloace de compensare proprii.

— Chiar dacă pe ansamblu marii consumatori sînt foarte compensaţi, ei nu reprezintă nici 50% din consumul total de putere reactivă pe sistem şi, în consecinţă, nu pot suplini întreaga nevoie de compensare.

— Bateriile de condensatoare de la consumatori nu sînt, în general, reglabile, şi acest fapt, împreună cu gradul ridicat de compensare realizat la marii consumatori, poate crea dificultăţi serioase la reglajul tensiunii în regimuri de sarcină mici, în unele zone din sistem. Acest aspect se va agrava în perspectivă datorită dezvoltării reţelelor de 400 kV.

— Producţia de putere reactivă în gol a liniilor va creşte în perspectivă, dar aceasta nu constituie practic un avantaj ; excedentul de reactiv al liniilor de transport este mare în regim de sarcini mici şi este minim tocmai în regimurile de încărcări mari ; aportul capacitiv al liniilor este de fapt în contratimp cu nevoile de putere reactivă în funcţionarea sistemului.

*

Toate aceste elemente arată că în anii următori este necesar să se doteze şi reţelele de distribuţie publică cu surse suplimentare de putere reactivă, ţinîndu-se seamă de toate particularităţile structurii reţelelor şi încărcării lor şi de evoluţia consumurilor în perspectivă. Numai în acest fel se va putea dispune de surse de putere reactivă suficiente şi bine plasate şi va fi posibilă chiar livrarea de putere reactivă către consumatori în limite raţionale, fără dificultăţi pentru sistem.

3. Influenţa factorului de putere al consumatorilor asupra cheltuielilor cu producerea energiei electrice

Furnizarea puterii reactive, în anumite limite, face parte integrantă din serviciile pe care furnizorul de energie electrică le face abonaţilor.

Deoarece furnizarea de putere reactivă presupune, în sistemele actuale, dotarea cu surse suplimentare de putere reactivă şi este legată de anumite cheltuieli ale furnizorului, este normal ca preţul energiei electrice să oglindească în mod corect cheltuielile făcute pentru livrarea energiei reactive.

În condiţiile în care în sistemul energetic naţional se va realiza în viitor compensarea reţelelor de distribuţie publică, va fi posibil să se furnizeze consumatorilor putere reactivă chiar în limite mai largi decît se face astăzi fără a se înrăutăţi condiţiile de economicitate şi siguranţă în funcţionare.

Tocmai de aceea s-a considerat oportună studierea influenţei factorului de putere al sarcinilor asupra preţului de cost al energiei electrice.

3.1. *Consideraţii generale asupra influenţei factorului de putere asupra preţului de cost al energiei electrice*

Factorul de putere poate influenţa costul energiei electrice furnizate prin următoarele căi principale :

— creşterea capacităţii reţelelor pentru vehicularea unor puteri aparente mai mari ; această dependenţă este teoretic proporţională cu $1/\cos\varphi$;

— creşterea pierderilor de putere şi energie electrică, adică sporirea puterii instalate în centrale şi mărirea consumului de combustibil, creşteri care sînt teoretic proporţionale cu $1/\cos^2 \varphi$.

La prima vedere, s-ar părea că curbele care dau dependenţa costului energiei electrice de factorul de putere trebuie să urmărească domeniul de variaţie dintre curbele $\frac{1}{\cos\varphi}$ şi $\frac{1}{\cos^2\varphi}$ [1], fapt oglindit şi de scara de reduceri-majorări la tarif, în vigoare în ţara noastră [2].

Să examinăm însă mai atent această dependenţă, pe baza următoarei formule de preţ de cost :

$$C = (k_1 P_i + k_2 S_R + k_3 N_{ab}) + (k_4 E_a + k_5 E_r),$$

în care

$k_1 - k_5$ sînt coeficienţi;
P_i — puterea instalată în centrale;
S_R — puterea instalată în reţele;
N_{ab} — numărul de abonaţi;
E_a, E_r — energii active, respectiv reactive, produse.

Prima paranteză grupează aşa-zisele cheltuieli fixe, ce nu depind de cantitatea de energie vîndută, iar a doua paranteză grupează cheltuielile variabile, legate de cheltuielile cu combustibilul, cheltuieli evident dependente de cantitatea de energie cerută.

În cadrul *cheltuielilor fixe*, termenii care variază în funcţie de factorul de putere sînt k_1, P_i şi $k_2 S_R$.

— Puterea instalată în centrale este destinată acoperirii consumului propriu-zis şi acoperirii pierderilor; din termenul $k_1 P_i$, variază cu $\frac{1}{\cos^2 \varphi}$ numai acea parte care este destinată acoperirii pierderilor.

Într-un sistem normal construit şi exploatat, pierderilor le revine o cotă de circa 10%; de acest ordin de mărime este partea din termenul $k_1 P_i$ ce variază cu $\frac{1}{\cos^2 \varphi}$. În realitate, chiar şi din această cotă este afectată de cos φ numai partea de pierderi corespunzătoare reţelelor din aval de sursele de putere reactivă, care astăzi se instalează chiar în reţelele de distribuţie (bateriile de condensatoare).

Pe de altă parte, se menţionează că dependenţa costului centralelor de factorul de putere al generatoarelor este neglijabilă [7] în gama uzuală a factorului de putere nominal la generatoarele mari.

— Termenul $k_2 S_R$ ar trebui să varieze direct proporţional cu $\frac{1}{\cos \varphi}$ numai dacă centralele ar rămîne singura sursă de putere reactivă. În realitate, din cauza surselor dispersate de putere reactivă, numai o parte din acest termen corespunzător reţelelor de medie şi joasă tensiune) poate varia astfel. În schimb, termenul $k_2 S_R$ va cuprinde şi costul surselor suplimentare de putere reactivă, care se ştie că sînt în general mult mai ieftine decît liniile şi staţiile de transformare.

În concluzie, dependenţa cheltuielilor fixe faţă de factorul de putere este în realitate sensibil mai mică decît cea indicată de domeniul dintre $\frac{1}{\cos \varphi}$ şi $\frac{1}{\cos^2 \varphi}$.

În cadrul *cheltuielilor variabile*, ambii termeni $k_4 E_a$ şi $k_5 E_r$ variază cu factorul de putere.

— Termenul $k_4 E_a$ este influenţat de $\frac{1}{\cos^2 \varphi}$ numai în acea parte a sa care acoperă pierderile, parte care am văzut că este de ordinul 10% din total.

— Termenul $k_5 E_r$, chiar la o energie reactivă $E_r = E_a$, are o valoare mult mai mică decît $k_4 E_a$, deoarece pierderile specifice pentru puterea reactivă sînt mici (2—3‰ la baterii de condensatoare). Constatăm, deci, că şi la cheltuielile variabile dependenţa de factorul de putere este mult mai mică decît cu $\frac{1}{\cos^2 \varphi}$.

*

Cu alte cuvinte, sporurile de cheltuieli în cazul alimentării consumatorilor la factori de putere raţionali ($\geqslant 0{,}7$) par să fie cu mult mai mici decît ar rezulta din curbele de reduceri-majorări la cos φ aplicate în ţara noastră.

3.2. *Calcule pe scheme tipice pentru determinarea influenţei factorului de putere asupra costului energiei electrice*

Pentru obţinerea unor elemente mai concrete privind creşterea cheltuielilor cu producerea energiei electrice în funcţie de factorul de putere al sarcinilor, s-au examinat cîteva reţele de tipul celei arătate în figura 7, reţele alese cu caracteristici generale similare cu cele mai des întîlnite în ţara noastră în etapa actuală şi în perspectivă (ca poziţie a centralelor în raport cu consumurile, trepte de tensiune, repartizarea sarcinilor, durata de utilizare a sarcinilor maxime, grade de încărcare a reţelelor).

Pentru factorul de putere la sarcini s-au considerat valori cuprinse între $\cos \varphi = 0{,}7$ şi $\cos \varphi = 1{,}0$, varianta $\cos \varphi = 1$ reprezentînd cazul de referinţă (în care nu se fac nici un fel de cheltuieli pentru furnizarea puterii reactive).

În ceea ce priveşte acoperirea sarcinilor reactive, s-au luat în consideraţie următoarele posibilităţi:

— Centralele nu pot emite putere în reţea, de la barele lor, în situaţia sarcinilor de vîrf, la un factor de putere sub 0,84—0,85, care corespunde producţiilor maxime de putere reactivă, pentru generatoare avînd $\cos \varphi\, n = 0{,}8$.

— Ca surse suplimentare de putere reactivă s-au considerat fie compensatoarele sincrone de mare putere pe terţiarul AT 220/110 kV, fie combinaţii de baterii de condensatoare-şunt pe barele staţiilor de 110/6 kV şi compensatoare sincrone de mare putere.

Ca mod de tratare a reţelei de distribuţie s-au considerat atît cazuri în care, la scăderea factorului de putere, se amplifică corespunzător reţeaua, astfel încît încărcarea specifică să rămînă constantă, cît şi cazuri în care capacitatea reţelei rămîne neschimbată.

Pe schemele de tipul celei din figura 7, cu variantele și alternativele de tratare descrise, s-au calculat circulațiile de puteri și pierderile active și reactive localizate în elementele schemei.

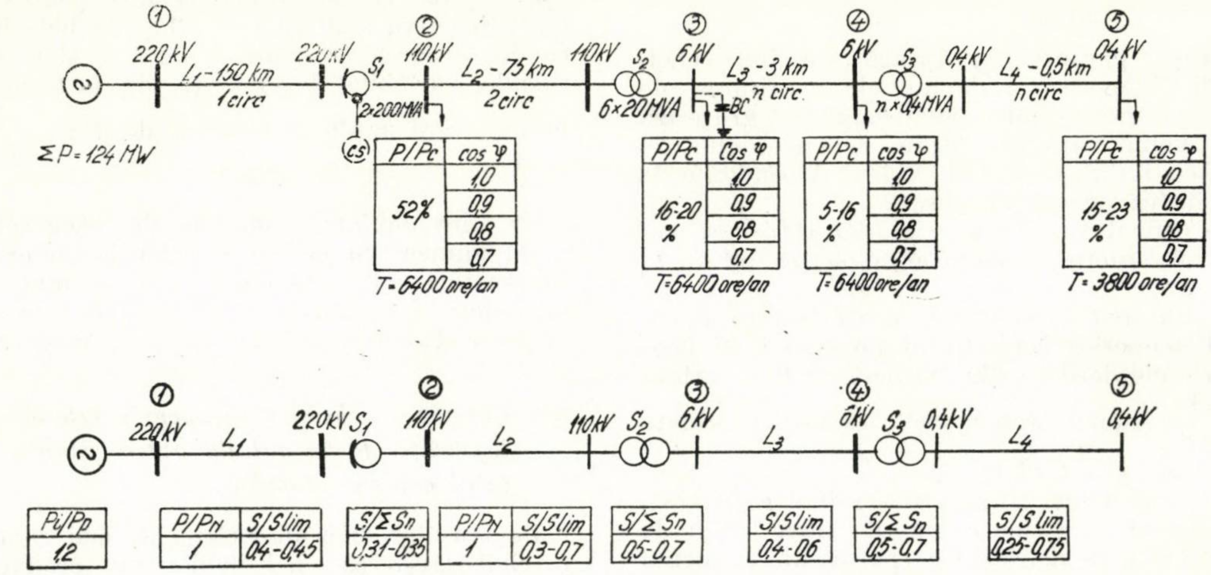

①
220 kV
L_1 - 150 km
1 circ
220 kV
S_1
2×200 MVA
CS
②
110 kV
L_2 - 75 km
2 circ
110 kV
S_2
6×20 MVA
③
6 kV
L_3 - 3 km
n circ
BC
④
6 kV
S_3
n×0,4 MVA
0,4 kV
L_4 - 0,5 km
n circ
⑤
0,4 kV
ΣP = 124 MW
P/Pc
cos φ
1,0
0,9
0,8
0,7
52%
T = 6400 ore/an
16-20 %
T = 6400 ore/an
5-16 %
T = 6400 ore/an
15-23 %
T = 3800 ore/an
①
220 kV
L_1
220 kV S_1
②
110 kV
L_2
110 kV S_2
③
6 kV
L_3
④
6 kV S_3 0,4 kV
L_4
⑤
0,4 kV
Pi/Pp
1,2
P/PN
S/Slim
1
0,4-0,45
S/ΣSn
0,31-0,35
P/PN
S/Slim
1
0,3-0,7
S/ΣSn
0,5-0,7
S/Slim
0,4-0,6
S/ΣSn
0,5-0,7
S/Slim
0,25-0,75

Fig. 7. Configurația rețelelor studiate și situația sarcinilor:
P_i — putere instalată; P — încărcare activă; P_N — putere naturală; S_n — putere nominală trafo; P_p — putere produsă; S — încărcare aparentă; S_{lim} — putere la limita termică; P_c — putere activă consumată.

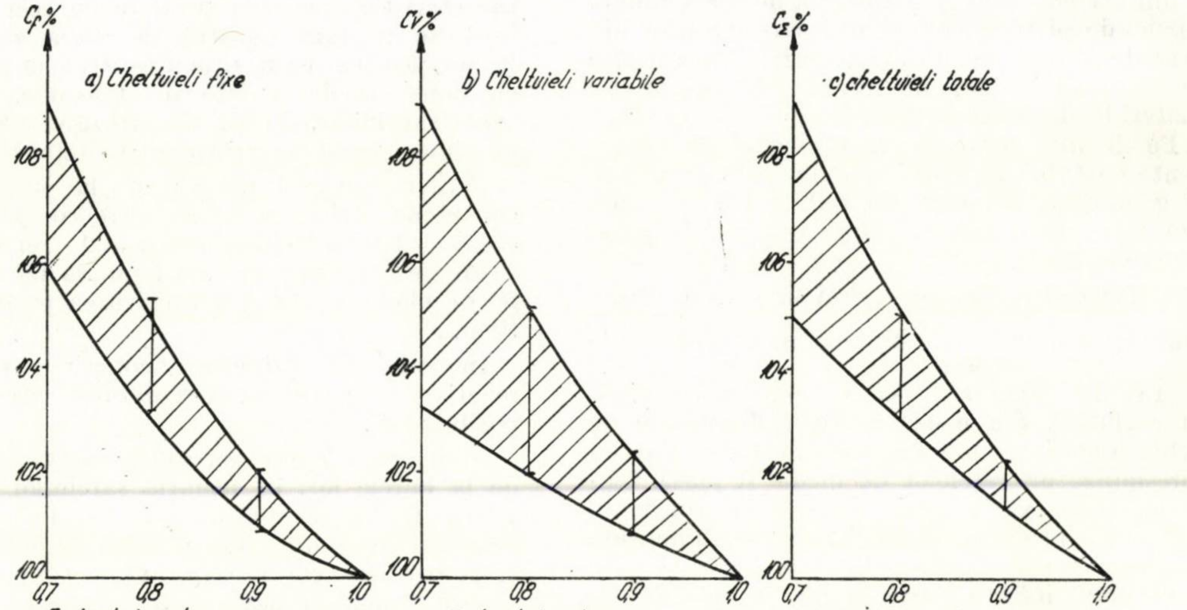


Fig. 8. Domenii de variație la cheltuieli anuale fixe, variabile și totale în funcție de factorul de putere al sarcinilor.

Cu aceste elemente, în condițiile date de echipare a rețelelor, s-au calculat cheltuielile anuale fixe și variabile pentru asigurarea puterilor și energiilor cerute de sarcini.

3.3. *Rezultatele obținute*

3.3.1. *Costurile totale și specifice pe kW și kWh în funcție de cos φ.* S-a determinat variația costurilor fixe și variabile pe ansamblul rețelelor examinate la cos φ = 1,0—0,9—0,8—0,7 și s-a stabilit creșterea procentuală a costurilor totale în raport cu varianta fără cheltuieli pentru puterea reactivă (varianta cos φ = 1, ca variantă de bază).

Rezultatele prezentate în figura 8 arată gama creșterilor procentuale obținute pe ansamblul cazurilor studiate.

Aceste rezultate confirmă concluziile arătate la capitolul 3.1, și anume că creșterea cheltuielilor fixe și variabile, la scăderea factorului de putere al sarcinilor pînă la cos $\varphi = 0{,}7$, este mult mai mică decît arată domeniul $1/\cos\varphi \div 1/\cos^2\varphi$; sporurile de cheltuieli, la cos $\varphi = 0{,}7$, au rezultat sub 10%.

În lumina acestor date, scara de penalizări-reduceri, la cos φ în vigoare în țara noastră, apare ca exagerată.

— S-au calculat cheltuielile specifice medii pe kW și kWh; domeniile de variație obținute

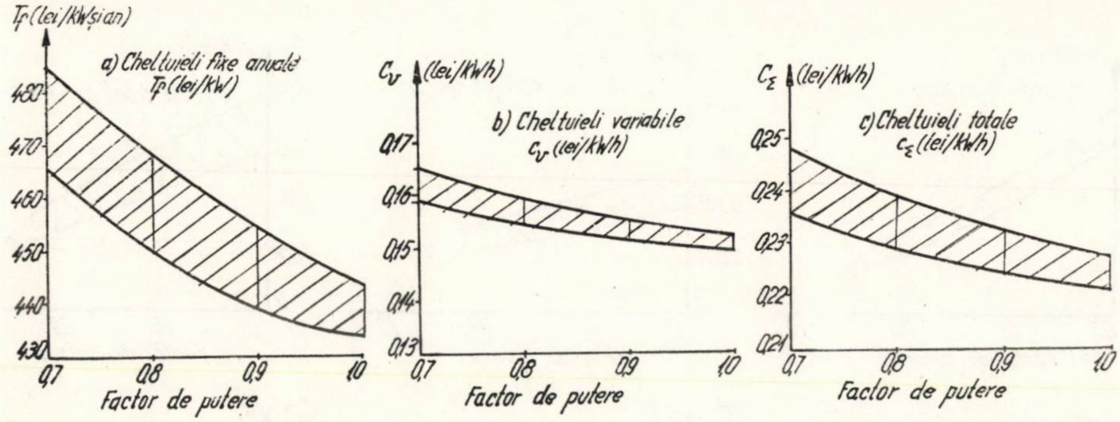


Fig. 9. Domenii de variație a cheltuielilor specifice fixe, variabile și totale pe kW și kWh, în funcție de factorul de putere al sarcinilor. Observație: creșterea procentuală a cheltuielilor specifice pe kW și kWh, la scăderea cos φ, coincide cu cea arătată în figura 8.

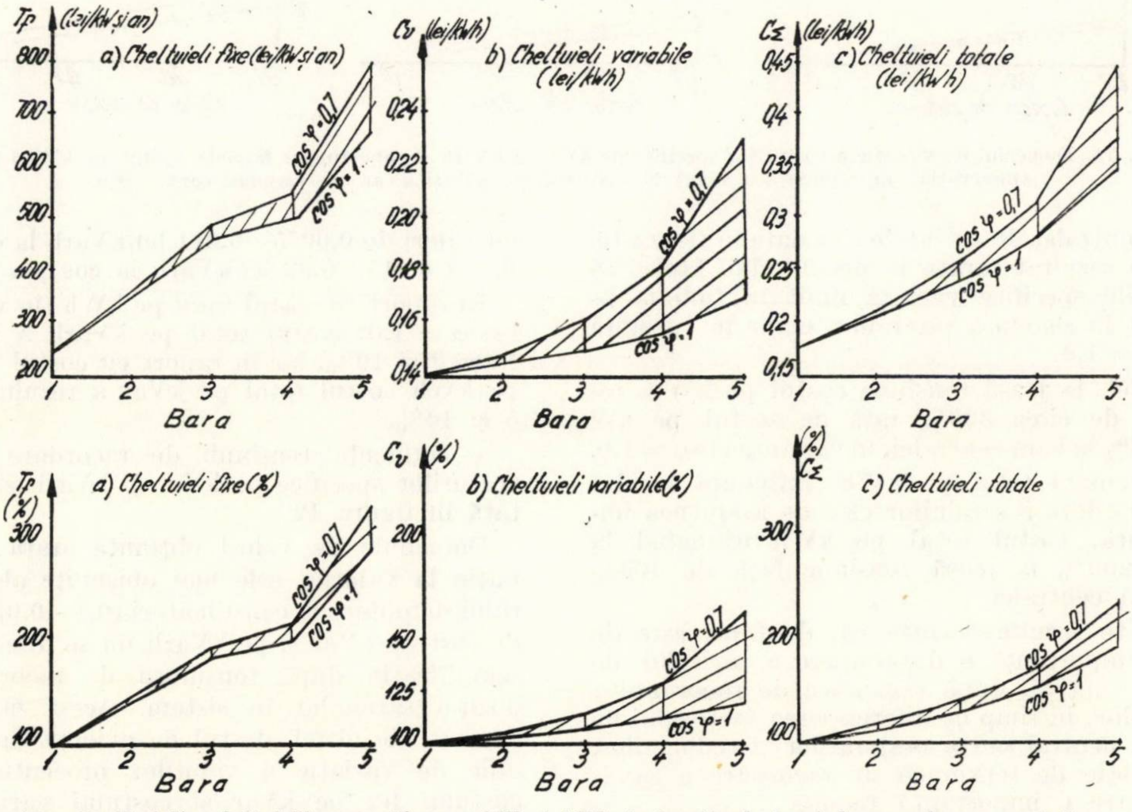


Fig. 10. Variația cheltuielilor specifice pe kW și kWh în funcție de locul de racordare a sarcinilor.

De asemenea rezultă că la valori ridicate ale cos φ (>0,95) sporurile de cheltuieli sînt sub 1%. În fapt, reducerile de cheltuieli la compensarea peste 0,95 pot ajunge să fie chiar ipotetice, ținînd seamă de rezervele de dimensionare din sistemele reale.

la ansamblul cazurilor examinate sînt arătate în figura 9.

Variațiile procentuale ale cheltuielilor specifice respective, calculate față de varianta fără cheltuieli pentru livrarea energiei reactive (varianta cos $\varphi = 1{,}0$) sînt aceleași ca în figura 8.

— S-au calculat costurile specifice pe kW şi kWh, influenţate de cos φ la sarcini, pe fiecare din barele cu sarcină din schemele studiate; de asemenea s-au calculat şi creşterile procentuale ale cheltuielilor specifice la diverse bare, în raport cu cheltuielile respective la bara centralei. Rezultatele sînt date în figura 10. Aceste rezultate arată în primul rînd faptul că costurile specifice variază mult în funcţie de poziţia în sistem a sarcinilor, chiar în varianta cos φ = 1,0.

Astfel, la joasă tensiune costul pe kW a rezultat de circa 300% faţă de costul pe kW de 100% la bara centralei, în varianta cos φ = 1,0. În costul total pe kWh, influenţa locului de racordare a sarcinilor este de asemenea importantă, costul total pe kWh ajungînd la circa 200% la joasă tensiune faţă de 100% la bara centralei.

Aceste rezultate arată că, de fapt, este de mare importanţă o diferenţiere a tarifului de energie activă, după tensiunea de racordare a sarcinilor, în timp ce diferenţierea factorului de putere neutral sau a majorărilor şi reducerilor, în funcţie de tensiunea de racordare a sarcinilor, are o importanţă redusă.

3.3.2. *Costuri specifice pe kVar şi kVarh.* S-au determinat costuri specifice medii pe kV şi kVarh, precum şi raportul acestora faţă de costurile specifice medii pe kW şi kWh, din varianta fără cheltuieli pentru puterea reactivă (cos φ = 1,0). Rezultatele sînt prezentate în figura 11.

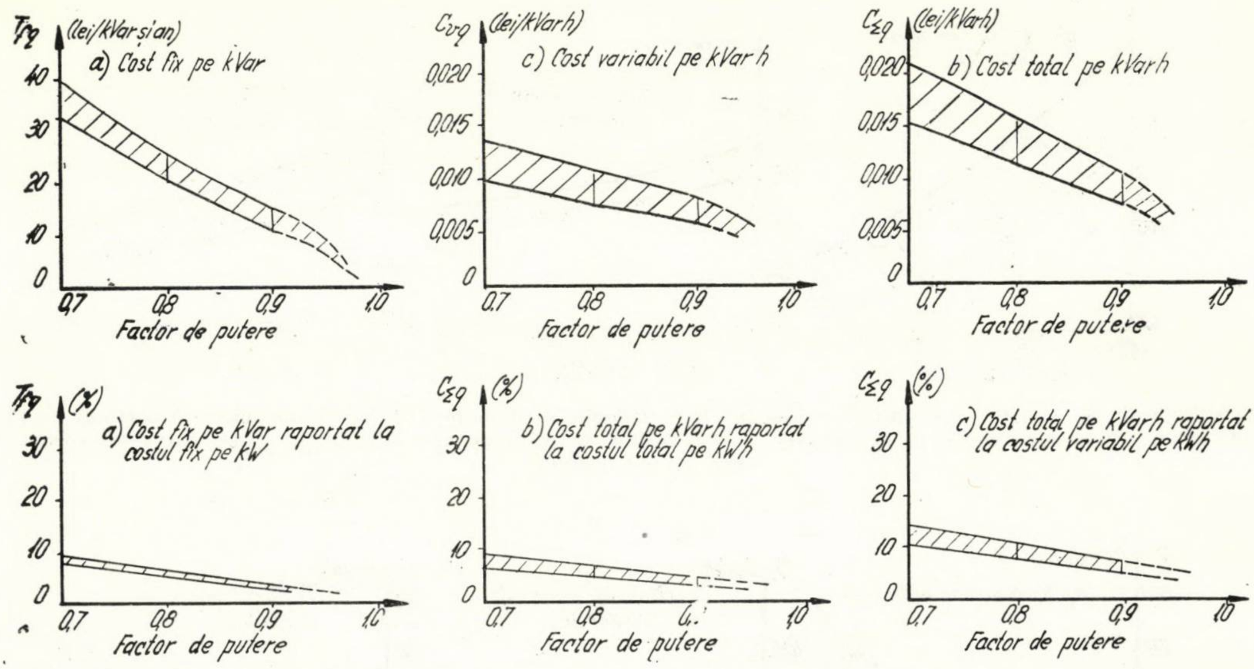


Fig. 11. Domeniul de variaţie a costurilor specifice pe kVar şi kVarh şi raportul lor faţă de costul pe kW şi kWh. Observaţie: raportarea s-a făcut la costurile pe kW şi kVar din varianta cos φ = 1,0.

Costul fix pe kVar a variat între 2% şi 10% din costul pe kW, luînd valori de 10—15 lei/kVar la cos φ = 0,9 şi pînă la 32—40 lei/kVar, la cos φ = 0,7.

Costul total pe kVarh, raportat la costul total pe kWh, a fost, de asemenea, de 2—10%, cu valori de 0,0075—0,011 lei/kVarh la cos φ = 0,9 şi 0,015—0,02 lei/kVarh la cos φ = 0,7.

În raport cu costul total pe kWh (în varianta cos φ = 1,0) costul total pe kVarh a rezultat între 2 şi 10%, iar în raport cu costul variabil pe kWh costul total pe kVar a rezultat între 5 şi 14%.

— Influenţa tensiunii de racordare asupra costurilor specifice pe kVar şi kVarh este arătată în figura 12.

Domeniile de valori obţinute arată că, cel puţin la valorile cele mai obişnuite ale factorului de putere la consumatori (0,8—0,9), preţul de cost pe kVar şi pe kVarh nu se diferenţiază semnificativ după tensiunea de racordare şi poziţia sarcinilor în sistem. Acest fapt este ilustrat, de altfel, destul de evident de domeniile de variaţie a valorilor procentuale ale costului fix pe kVar şi costului variabil pe kVarh, la diversele bare din schemele studiate, valori calculate în raport cu costul pe kW şi kWh în varianta cos φ = 1,0.

Rezultă că aceste procente se menţin, indiferent de bara de racordare, într-o bandă destul de strînsă, pentru toată gama studiată de valori ale factorului de putere.

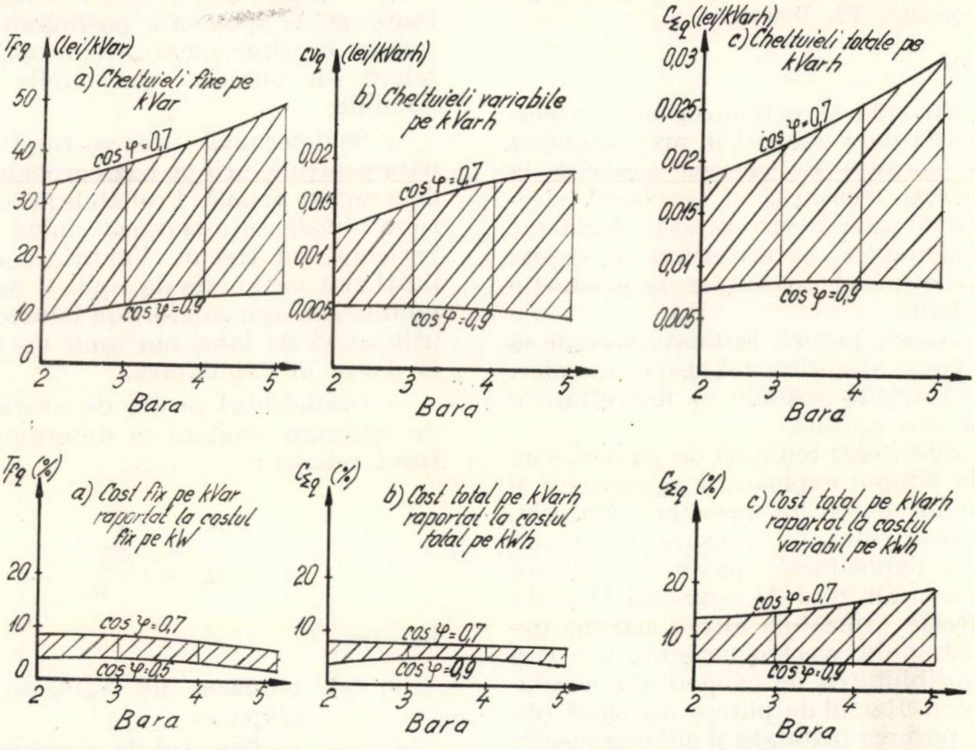


Fig. 12. Domenii de variaţie a cheltuielilor specifice pe kVar şi kVarh în funcţie de locul de racordare a sarcinilor. Observaţie: raportarea s-a făcut la costurile pe kW şi kVar de la barele respective din varianta cos φ = 1,0.

Concluzii

În acest articol s-au prezentat argumente tehnice care arată că situaţia actuală a surselor de putere reactivă în sistemul nostru energetic naţional şi politica de dotare cu surse de putere reactivă nu mai sînt satisfăcătoare. Consumul de putere reactivă pe ansamblul sistemului este important şi acoperirea lui în condiţii tehnico-economice şi de siguranţă satisfăcătoare nu se mai poate face numai de la centrale şi de la sursele marilor consumatori. Pe lîngă compensarea puterii reactive la marii consumatori, este necesară şi instalarea de surse de putere reactivă în reţelele electrice de distribuţie publică.

Compensarea reţelelor electrice de distribuţie publică va permite alimentarea consumatorilor cu energie reactivă fără a înrăutăţi economicitatea şi siguranţa funcţionării sistemului. Cheltuielile legate de furnizarea de putere şi energie reactivă consumatorilor, în limite raţionale (cos φ≥0,7), rezultă mult mai mici decît arată curba de majorări-reduceri la cos φ în vigoare în ţara noastră.

Elementele de preţ de cost pe kW şi kWh în funcţie de cos φ şi de preţul de cost pe kVar şi kVarh, prezentate în articol, arată în ce condiţii cheltuielile făcute de furnizorul de energie electrică pentru compensarea puterii reactive pot fi recuperate printr-un tarif echitabil.

Într un articol ce urmează a fi publicat vor fi tratate noi elemente în legătură cu problema recuperării prin tarif a cheltuielilor pentru puterea reactivă.

Bibliografie

[1] Panaitescu, G. şi Grăniceanu, M. *Unele aspecte ale problemei îmbunătăţirii factorului de putere în R.P.R.* Energetica nr. 9, 1961.

[2] * * * *Regulament pentru furnizarea şi utilizarea energiei electrice.* Buletinul Oficial partea I, nr. 167/1968 şi 97—98/1969, sau O.D.E., 1970, publicaţia E 44—69 a Inspecţiei generale energetice.

[3] Nagel, T. J. *Basic Principles of Planning VAR Control on the American Power System.* I.E.E.E. Transactions on PAS vol. 87, nr. 2, februarie 1968.

[4] * * * Rapport sur les travaux du Comité d'Etude nr. 18, „Condensateurs", CIGRE, 1962, Rap. 159.

[5] Stine, C. E. şi Conner, J. E. *Control of System Reactive and System Voltage go Hand in Hand.* El. Light and Power, decembrie, nr. 15, 1968.

[6] Baum, W. V. *A Method of Applying Switched and Fixed Capacitors for Voltage Control.* I.E.E.E. Trans. on PAS, vol. 84, nr. 1, ianuarie 1965.

[7] Duréault, M. *Influence du facteur de puissance sur le dimensionnement et les pertes des alternateurs thermiques.* CIGRE 1960, rap. 133.

[8] * * * ISPE, 1971. *Studiul unor aspecte tehnice şi economice ale compensării puterii reactive şi implicaţiile lor asupra costului şi tarifării energiei reactive.*

(Articol intrat în redacţie la 4 august 1971)

◆

Metode de calcul al puterilor efectiv utilizabile ale sistemului electroenergetic

Ing. **L. Lup**, mat. **Gh. Vâlcereanu**
și ing. **Fl. Breazu***)

1. Generalități

Sarcina principală a sistemelor electroenergetice este aceea de a acoperi în orice moment necesarul de consum de energie electrică la parametrii ceruți (tensiune și frecvență electrică). În scopul satisfacerii acestui deziderat în condiții economice, se instalează în sistem o anumită structură și capacitate de producție (putere instalată).

Stabilirea valorii puterii instalate trebuie să se facă pe baza studiilor tehnico-economice, selectînd din soluțiile posibile de dezvoltare a sistemului pe cea optimă.

Din cauza diferitelor reduceri de putere, care pot apărea în timpul exploatării agregatelor și care au în bună parte un caracter aleatoriu, acoperirea necesarului de consum (în planificare sau în exploatare) poate fi realizată numai cu un anumit grad de siguranță [1], [2].

Puterea efectiv utilizabilă este o mărime importantă a sistemului electroenergetic, valoarea ei indicînd posibilitatea de acoperire a necesarului de consum. Restul de putere instalată (diferența între puterea instalată și puterea efectiv utilizabilă) o constituie, în cazul exploatării, diferitele forme de reduceri de putere, iar în cazul planificării, rezervele de putere pentru acoperirea reducerilor de putere preliminate.

Determinarea valorii puterii efectiv utilizabile a sistemului electroenergetic, în planificare sau în cadrul studiilor de perspectivă, este o problemă dificilă, realizîndu-se după metode bazate mai mult sau mai puțin pe calcule probabilistice. Toate metodele utilizate la calculul puterilor efectiv utilizabile se bazează pe experiența obținută în trecut la exploatarea în sistemele electroenergetice de agregate similare, precum și pe considerarea caracteristicilor și a modului de funcționare în viitor a agregatelor.

În cele ce urmează se prezintă unele metode utilizate la calculul puterilor efectiv utilizabile în studiile de perspectivă.

2. Metode de calcul

2.1. *Metoda mediilor lunare ale puterilor pe sistem*

Aceasta este una dintre cele mai simple metode și destul de des utilizată, ea constînd din următoarele:

— În cadrul unei structuri date a puterii instalate (cunoscînd starea agregatelor existente și prevederile pentru noile agregate) se determină valorile medii lunare, precum și cele de la începutul și sfîrșitul anului ale puterilor instalate.

— Se determină, pe baza evidenței comportării în exploatare în trecut a agregatelor existente și a aprecierii posibilităților de funcționare în viitor a agregatelor noi, valorile medii lunare ale puterilor disponibile și efectiv disponibile.

— Se determină valoarea rezervelor medii lunare pentru avarii pe baza probabilităților medii de avariere anuală. Probabilitățile medii de avariere anuală se estimează ținînd seamă de experiența din trecut. Valorile acestor probabilități sînt în funcție de tipul și mărimea puterii nominale a agregatelor, de felul combustibilului utilizat și de luna sau anul de funcționare de la darea în exploatare.

— Coeficientul mediu de avariere la o grupă de agregate similare se determină [3] cu ajutorul relației:

$$q_i = \frac{\sum\limits_{j=1}^{n_i} q_j}{n_i}, \qquad (1)$$

în care

n_i este numărul de agregate similare din grupa i;
q_j — coeficientul de avariere a agregatului j din grupa i și se determină cu ajutorul relației:

$$q_j = \frac{\sum\limits_{h=1}^{m} P_h\, t_h}{P_i\, T}, \qquad (2)$$

în care

m este numărul de avarii ale agregatului j;
P_h — reducerea de putere efectiv disponibilă a agregatului j cu ocazia avariei h; această reducere de putere ține seamă de efectul tuturor incidentelor de exploatare din centrală (care au avut loc la cazane, la turbogenerator sau la toate instalațiile anexe) și care au dus la micșorarea sarcinii electrice pe turbogenerator;
t_h — timpul în care a fost redusă puterea P_h;
P_i — puterea efectiv disponibilă unitară a agregatelor din grupa i;
T — timpul total analizat (fără timpul de reparații planificate).

— Considerînd pentru viitor valoarea lui q_i ca probabilitatea de avariere a agregatelor din grupa i, se poate obține valoarea puterii medii lunare probabil avariate (și deci rezerva medie lunară pentru avarii) pe sistem cu ajutorul relației :

---

*) Autorii lucrează la ISPE.

$$P_a^r = \sum_{i=1}^{g} n_i \, P_i \, q_i , \qquad (3)$$

în care g este numărul de grupe de agregate similare.

— Pe baza normativelor în vigoare se determină volumul reparațiilor planificate anuale. Se eșalonează necesarul de reparat planificat în cursul anului în așa fel încît rezerva excedentară sau deficitul să fie aproximativ aceleași în toate lunile anului față de puterea medie lunară de consum.

— Prin scăderea din puterea efectiv disponibilă a rezervelor pentru avarii și reparații planificate se obține puterea efectiv utilizabilă medie lunară. Prin această metodă se determină valoarea puterii efectiv utilizabile medii lunare pe sistem fără a analiza și comportarea fiecărui agregat în parte.

În ceea ce privește rezerva pentru avarii pe sistem, aceasta va putea acoperi numai avariile de valori medii, iar avariile care ar avea valori mai mari decît cele medii ar putea duce la pierderi mai mari în economia națională, prin nealimentarea completă a consumatorilor, decît instalarea de rezervă suplimentară pentru avarii în sistem.

2.2. *Metoda mediilor lunare pe agregate*

În scopul analizei acoperirii economice a curbelor de sarcină, este necesar să se determine valorile puterilor efectiv utilizabile medii pe luni ale diferitelor categorii de agregate. În acest sens se analizează diferitele categorii de reduceri posibile de putere ținînd seamă de structura centralelor electrice și de tipul agregatelor.

Puterile disponibile și efectiv disponibile se determină similar ca și la metoda precedentă.

Întrucît la acoperirea în mod economic a curbelor de sarcină centralele electrice trebuie să participe în cadrul unui program de centrale stabilit — ținînd seamă, pe de o parte, de resursele primare de energie, iar pe de altă parte de creșterile relative ale prețului de cost al energiei electrice produse, creșteri care sînt influențate în primul rînd de creșterile relative ale consumului de combustibil—este necesar ca puterea efectiv utilizabilă a centralelor să fie determinată în așa fel încît să reprezinte, în cadrul fiecărei luni și pentru fiecare agregat, media puterilor efectiv utilizabile care ar putea exista în viitor.

Deoarece apariția avariilor are caracter aleatoriu, se consideră că aceste avarii au aceeași probabilitate de a apărea oricînd în cursul anului. Cum datele intrării în reparație planificată sînt influențate de timpul cît au stat agregatele în avarie și de complexitatea reparațiilor efectuate ca urmare a avariilor, nu se pot prelimina cu precizie nici datele intrării în reparație planificată. De aceea se consideră că toate agregatele și deci toate grupele de agregate au avariată, în fiecare moment, o cotă de putere efectiv disponibilă egală cu probabilitatea de avarie și că toate agregatele au o cotă de putere în reparație planificată proporțională cu coeficientul de reparații medii anuale și cu puterea aflată în reparație în luna respectivă a grupei de agregate din care face parte agregatul considerat. Acest mod de rezolvare a problemei în scopul repartiției economice a sarcinii pe centrale duce la același rezultat ca și în cazul în care s-ar fi luat în considerare toate situațiile posibile din sistem și s-ar fi făcut apoi medierea lor.

Rezervele pentru avarii pot acoperi numai puterile în avarie, care ar avea loc la fiecare grupă de agregate, cu o valoare cel mult egală cu probabilitatea medie de avariere.

Valorile avariilor care ar depăși valoarea medie nu pot fi acoperite din această rezervă, ci din rezerva efectiv utilizabilă, rezerva de sarcină, cînd aceasta este disponibilă, rezerva pentru reparații planificate, import de putere și eventual limitări și sacrificii la consumatori.

Rezervele de putere pentru reparații planificate, calculate pe baza coeficienților de reparații rezultați din periodicitatea și durata lucrărilor de reparații prevăzute în normele tehnice în vigoare, se eșalonează în cursul anului ținînd seamă de unele restricții care ar putea apărea la repararea unor agregate în anumite perioade ale anului (agregatele din centralele electrice de termoficare, în general, nu pot fi reparate planificat în timpul iernii, iar agregatele din unele centrale hidroelectrice nu pot fi reparate în perioadele debitelor de apă mari) și menținînd un raport constant, a, în toate lunile anului între puterea în rezervă pentru avarii și necesarul maxim lunar de consum [4]. Raportul a se determină din relația :

$$a = \frac{S_a^r}{h \sum_{i=1}^{12} P_{c\,max\,i}} , \qquad (4)$$

în care

S_a^r este volumul total al rezervei pentru avarii medii anuale, MWh ;
h — timpul mediu lunar (730 ore/lună) ;
$P_{c\,max\,i}$ — puterea maximă de consum din luna i, MW.

Prin scăderea, din puterea instalată a centralelor, a diferitelor rezerve de putere, se obține și în acest caz puterea efectiv utilizabilă medie lunară a centralelor.

2.3. *Metoda binomului*

Pentru varianta de putere instalată și de structură de centrale dată se calculează puterile disponibile și efectiv disponibile ca și la prima metodă.

Se calculează rezerva de putere pentru reparații planificate și se distribuie în cursul anului în așa fel încît să se mențină același raport constant *a* între rezerva pentru avarii și necesarul maxim lunar de consum.

Se repartizează volumul posibil de reparat lunar pe categorii de centrale și pe agregate, rezultînd în acest fel, pe luni, grupurile care ar putea participa la acoperirea necesarului de consum de energie electrică și rezervă de avarii.

Se atribuie acestor grupuri, pe baza experienței de exploatare din trecut, probabilitățile de avarie q_i și se determină cu ajutorul calculatoarelor electronice, pe baza formulei binomului

$$(q_1+q_1)^{n_1}(p_2+q_2)^{n_2}\ldots(p_i+q_i)^{n_i}\ldots(p_g+q_g)^{n_q}=1 \qquad (5)$$

probabilitățile de stare a_k (funcția de distribuție) pentru diferitele valori ale puterii efectiv utilizabile și gradul de siguranță s_p privind disponibilitatea medie a unei anumite valori a puterii efectiv utilizabile, precum și alte mărimi.

În relația (5) s-au notat:

p_i — probabilitatea de stare de funcționare a agregatelor din grupa i;
q_i — probabilitatea de stare în avarie a agregatelor din grupa i;
n_i — numărul de agregate din grupa i;
g — numărul de grupe de agregate din sistem;
$n = \sum_{i=1}^{g} n_i$ — numărul total al grupurilor din sistem care participă în luna respectivă la acoperirea sarcinii sistemului și a avariilor.

Probabilitățile de stare a_k sînt date de relația:

$$a_k = \prod_{i=1}^{g} a_{ki}^{i} = \prod_{i=1}^{g} C_{ni}^{ki} \cdot p_i^{ni-ki} \cdot q_i^{ki}, \qquad (6)$$

unde

k este numărul de agregate din sistem aflate simultan în avarie ($0 \leqslant k \leqslant n$), $k = \Sigma k_i$;
k_i — numărul de agregate din grupa i ($0 \leqslant i \leqslant n_i$) aflate simultan în avarie.

Gradul de siguranță privind puterea efectiv utilizabilă a sistemului este dat de relația:

$$s_p = \sum_{\{k_1, k_2, \ldots, k_j\}} a_k, \qquad (7)$$

cu condițiile:

$$k_1P_1 + k_2P_2 + \ldots + k_i\,P_i + \ldots + k_g\,P_g \leqslant P_{eu\,max} - P_{c_k}, \qquad (8)$$

în care

P_i este puterea unitară a agregatelor din grupa i;
$P_{eu\,max}$ — puterea efectiv utilizabilă maximă a celor n agregate;
P_{ck} — diferitele valori ale puterii de consum.

Fiecare valoare a puterii de consum (P_{ck}) poate fi acoperită cu putere efectiv utilizabilă a sistemului (de valoare egală sau mai mare ca puterea de consum) cu un anumit grad de siguranță.

Metoda binomului analizează comportarea agregatelor sistemului după relații de stare medii valabile pentru perioade mari de timp și număr mare de agregate.

2.4. *Metoda simulării*

La această metodă, ca și la precedenta, pentru o anumită structură a centralelor, într-o anumită perioadă de timp analizată (un an), se determină valorile rezervelor de putere pentru indisponibilități și reduceri de putere și se distribuie în așa fel, în cursul anului, rezerva pentru reparații planificate, încît să rezulte aproximativ același raport *a* între rezerva pentru avarii și necesarul maxim de consum lunar. Eșalonarea reparațiilor planificate ale agregatelor în cadrul rezervelor prevăzute se face ținînd seamă de restricțiile ce s-ar putea impune în anumite perioade de timp pentru repararea diferitelor categorii de centrale.

Cunoscînd planul de reparații planificate, programul de intrări în funcțiune a grupurilor noi și eventual programul de casări, se poate simula funcționarea sistemului energetic în perspectivă cu ajutorul numerelor pseudoaleatorii. Acestea sînt generate pe calculator printr-un program foarte scurt și rapid, lucru important dacă avem în vedere volumul mare de asemenea numere ce va fi necesar.

S-au utilizat două variante de simulare:

a) Cu ajutorul probabilităților de avariere:

$$q_i, \quad i = 1, 2, \ldots, n,$$

unde n este numărul agregatelor din sistem.

Pentru fiecare zi (mai puțin zilele în care agregatul se află în reparație planificată) și fiecare agregat se generează un număr aleatoriu, NA; $0 \leqslant NA \leqslant 1$.

Dacă $NA \leqslant q_i$, se consideră că agregatul i este avariat în ziua respectivă; în caz contrar agregatul se consideră în funcțiune. În acest fel se obține pentru fiecare zi și fiecare agregat una din situațiile posibile de disponibilitate sau indisponibilitate.

b) Cu ajutorul probabilităților de avariere q_i și al intensităților de avariere λ_i și de reparație μ_i, $i = 1, 2, \ldots, n$.

Mărimile λ_i şi μ_i se estimează [5], [6] pentru fiecare agregat cu ajutorul relaţiilor:

$$\lambda_i = \frac{n_i}{\sum_{j=1}^{n_i} T_f^j} \tag{9}$$

şi

$$\mu_i = \frac{m_i}{\sum_{j=1}^{m_i} T_a^j} \tag{10}$$

în care

n_i este numărul de stări de funcţionare T_f^j din trecut ale unor agregate similare cu cel analizat;

m_i — numărul de stări în avarie T_a^j din trecut ale unor agregate similare cu cel analizat.

Convenind să notăm cu:
1 — starea de funcţionare şi
0 — starea de avarie
ale unui agregat, se pot deduce:

— probabilitatea de trecere din starea 1 în starea 0 într-o perioadă de timp, t:

$$p_{10} = 1 - e^{-\lambda t}; \tag{11}$$

— probabilitatea de trecere din starea 0 în starea 1:

$$p_{01} = 1 - e^{-\mu t}. \tag{12}$$

Pentru a simula funcţionarea sistemului energetic în prima zi de studiu, se generează pentru fiecare agregat un număr aleatoriu, NA, care se compară cu probabilităţile q_i şi se obţine după acelaşi principiu ca la varianta a) o situaţie iniţială posibilă.

În continuare, pentru fiecare zi (mai puţin zilele de reparaţie planificată) şi fiecare agregat, se generează un număr aleatoriu NA şi se compară cu p_{01} sau p_{10}, după cum în ziua precedentă agregatul era avariat sau în funcţiune. Dacă $NA \leqslant p_{01}$, agregatul care era în avarie în ziua precedentă se consideră că va funcţiona în ziua respectivă; altfel se consideră că rămîne în continuare avariat.

Dacă $NA \leqslant p_{10}$, agregatul care era în funcţiune în ziua precedentă se consideră că se avariază; în caz contrar rămîne în funcţiune.

Modul de efectuare a operaţiilor la calculator, pentru această metodă de calcul (varianta b), este redat sumar în schema logică din figura 1.

Pentru ca numerele aleatorii folosite să poată fi comparate cu probabilităţile respective, trebuie ca ele să fie uniform distribuite în intervalul [0, 1].

Numerele pseudoaleatorii au fost generate la calculatorul ICT 1900 de la CC al DCS şi verificarea distribuţiei uniforme s-a făcut cu ajutorul testului lui Kolmogorov [7].

3. Domenii de utilizare a diferitelor metode de calcul al puterii efectiv utilizabile

În cele de mai sus s-au prezentat mai multe metode de determinare a puterii efectiv utilizabile a sistemului; rezultatele obţinute, pentru acelaşi sistem energetic dat şi aceeaşi structură de centrale, privind valoarea puterii efectiv disponibile sînt funcţie de metoda utilizată.

După prima metodă se determină valoarea puterii efectiv utilizabile medii a sistemului pe lunile anului. Această metodă este simplă şi permite efectuarea calculelor de balanţe privind acoperirea necesarului de consum (valori medii). Metoda nu permite determinarea unei rezerve optime pentru avarii, ţinînd seamă atît de daunele în economia naţională, prin alimentarea incompletă cu energie electrică în urma avariilor care depăşesc valoarea medie, cît şi de instalarea şi exploatarea în sistem de rezervă suplimentară.

În cazul în care ar trebui să se treacă la acoperirea curbelor de sarcină pe sistem, trebuie să fie efectuate decizii suplimentare şi arbitrare asupra agregatelor care să fie considerate în avarie sau în reparaţie planificată şi care în stare de funcţionare, iar valorile obţinute privind consumul de combustibil şi consumul specific de combustibil pe sistem nu vor fi obţinute ca valori medii cele mai probabile, ci ca valori particulare, valabile numai pentru cazul particular analizat.

După cea de-a doua metodă se determină valorile puterilor efectiv utilizabile medii lunare atît pe sistem cît şi pe agregate. Metoda permite atît întocmirea balanţelor de putere privind acoperirea necesarului de consum cu valoarea medie lunară probabilă a puterii efectiv utilizabile, cît şi repartiţia economică a sarcinii pe centrale şi agregate fără a mai necesita consideraţii suplimentare. Se poate obţine deci, în acest caz, valoarea medie probabilă a consumului de combustibil pe sistem şi pe categorii de centrale.

Metoda binomului permite determinarea tuturor valorilor posibile ale puterii efectiv utilizabile a sistemului, fiecărei valori corespunzîndu-i un anumit grad de siguranţă. Această metodă permite întocmirea balanţelor privind acoperirea necesarului de consum. Gradul de siguranţă cu care este acoperit necesarul de consum este funcţie, pe lîngă structura centralelor şi caracteristicile agregatelor, şi de puterea maximă de consum, precum şi de alura curbelor de sarcină.

Metoda permite calculul unei valori optime a puterii de rezervă prin compararea mai multor soluţii de dezvoltare a sistemului.

Pentru a putea trece la acoperirea curbelor de sarcină şi la calculul consumului de combustibil vor fi necesare considerente suplimentare şi arbitrare privind agregatele care s-ar putea afla în avarie, caz în care valorile obținute pentru consumul de combustibil conțin o doză de particularizare ce se abate de la situația medie probabilă.

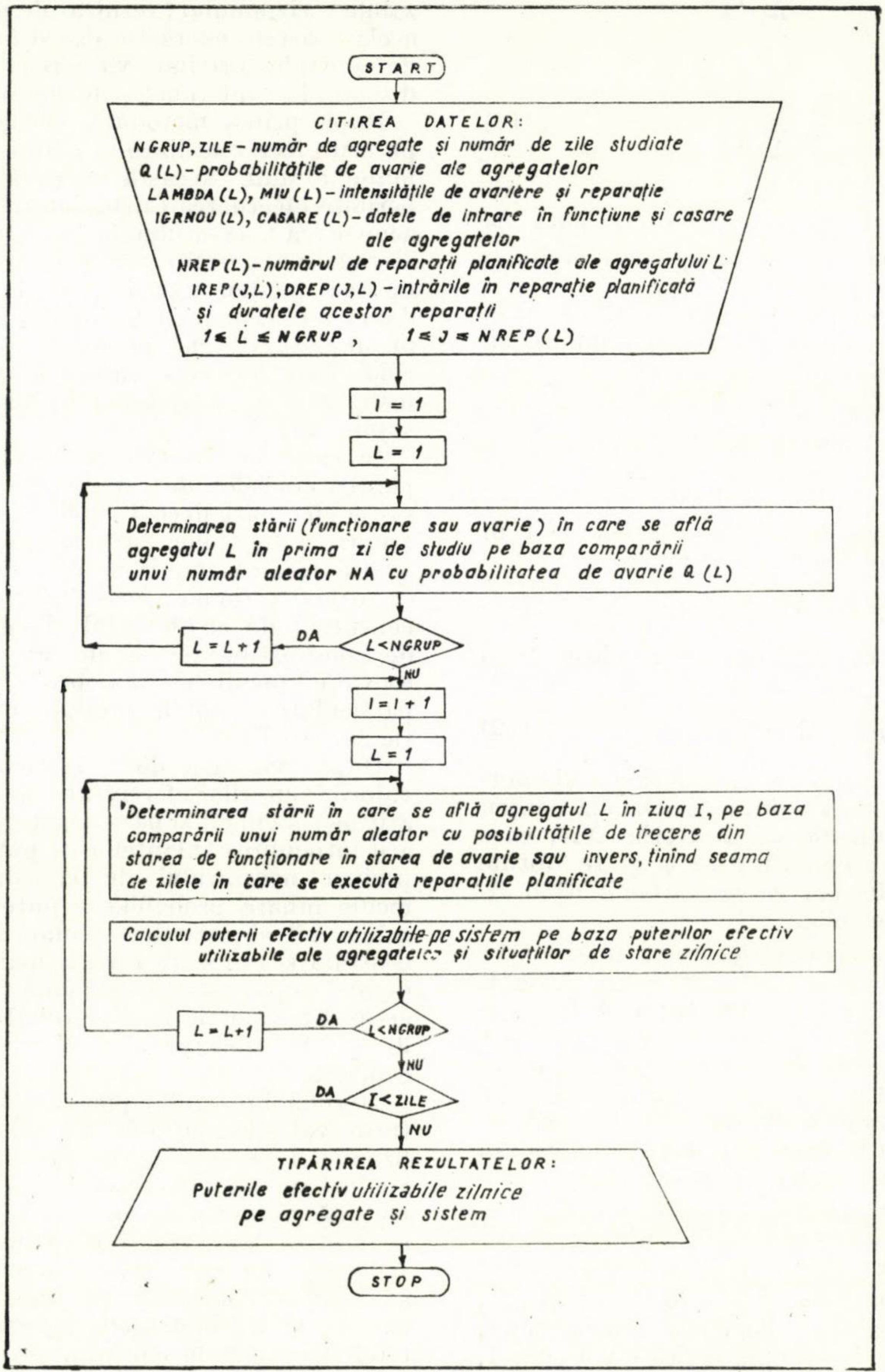

START
CITIREA DATELOR:
NGRUP, ZILE – număr de agregate și număr de zile studiate
Q (L) – probabilitățile de avarie ale agregatelor
LAMBDA (L), MIU (L) – intensitățile de avariere și reparație
IGRNOU (L), CASARE (L) – datele de intrare în funcțiune și casare ale agregatelor
NREP (L) – numărul de reparații planificate ale agregatului L
IREP (J,L), DREP (J,L) – intrările în reparație planificată și duratele acestor reparații
1 ≤ L ≤ NGRUP, 1 ≤ J ≤ NREP (L)
I = 1
L = 1
Determinarea stării (funcționare sau avarie) în care se află agregatul L în prima zi de studiu pe baza comparării unui număr aleator NA cu probabilitatea de avarie Q (L)
L < NGRUP
DA
L = L + 1
NU
I = I + 1
L = 1
Determinarea stării în care se află agregatul L în ziua I, pe baza comparării unui număr aleator cu posibilitățile de trecere din starea de funcționare în starea de avarie sau invers, ținînd seama de zilele în care se execută reparațiile planificate
Calculul puterii efectiv utilizabile pe sistem pe baza puterilor efectiv utilizabile ale agregatelor și situațiilor de stare zilnice
L < NGRUP
DA
L = L + 1
NU
I < ZILE
DA
NU
TIPĂRIREA REZULTATELOR:
Puterile efectiv utilizabile zilnice pe agregate și sistem
STOP
A4 210 x 297 = 0,063 m²

Fig. 1

Metoda simulării permite calculul puterii efectiv utilizabile pentru fiecare zi a anului, dar numai în cazuri particulare, cazuri similare cu cele care ar putea fi realizate în timpul exploatării. Pentru a obține rezultate favorabile la calculul consumului de combustibil (calcul bazat pe repartiția economică a sarcinii), este necesar să se analizeze mai multe variante de comportare probabilă în cursul anului, solicitînd în acest caz calculatoare electronice cu performanțe mari.

Dacă s-ar face calcule de consum de combustibil mediu anual, prin metoda simulării pentru toate variantele posibile de realizat, și s-ar face media acestor consumuri de combustibil, s-ar obține același rezultat ca și la metoda puterilor efectiv utilizabile medii lunare pe agregate.

Toate cele patru metode de calcul al puterii efectiv utilizabile prezentate pot fi utilizate cu succes. Alegerea unei metode sau a alteia este funcție de scopul urmărit, de timpul avut la dispoziție, de bagajul de informații obținute în trecut asupra funcționării agregatelor similare, precum și de accesul la calculatoare electronice rapide.

Bibliografie

[1] Lup, L. *Model probabilistic de calcul al siguranței alimentării marilor consumatori de energie electrică.* Consfătuirea tehnico-științifică ,,Siguranța în alimentarea cu energie electrică și căldură a marilor consumatori industriali'', Galați, 22—24 octombrie 1970.

[2] Nitu, V. I. ș.a. *Stabilirea nivelurilor de putere și a rezervelor sistemului energetic în perspectivă.* Energetica nr. 1, 1970, p. 10—17.

[3] Lup, L. *Coeficienți de incidentare (avarie) și rezultate obținute în exploatare.* A doua conferință a electricienilor, București, 23—26 septembrie 1969.

[4] Lup, L. *Calculul puterii de rezervă necesară pentru efectuarea reparațiilor planificate la dezvoltarea în perspectivă a sistemelor electroenergetice.* Producerea, transportul și distribuția energiei electrice și termice nr. 5, 1970, p. 223—229.

[5] Nitu, V. I., Albert, H. și Brădescu M. *Metode statistico-probabilistice utilizate în energetică.* Editura tehnică, București, 1968.

[6] Patton, A. D. și Holditch, D. W. *Reliability of Generation Supply.* Power Apparatus and Systems, nr. 9, sept. 1968.

[7] Iosifescu, M., Mihoc, Gh. și Teodorescu, R. *Teoria probabilităților și statistica matematică.* Editura tehnică, București, 1966.

(Articol intrat în redacție la 28 februarie 1971)

◆

Turnuri și aparate de răcire cu transport pelicular

Dr. ing. **V. Barbu**, ing. **D. Iorga** și ing. **M. Jădăneanțu** [*)]

Generalități

Pornind de la dezavantajele turnurilor de răcire aplicate în practică pînă în prezent (cu stropire sau cu prelingere, în contracurent sau în curent încrucișat), dezavantaje legate în principal de neuniformitatea distribuției aerului și a apei, de pierderile importante de apă antrenate sub formă de picături și de limitarea vitezelor relative între cele două fluide aflate în schimb de căldură și de substanță, s-a propus [1] un nou tip de turn de răcire, cu transport pelicular, redat schematic în figura 1. Spre deosebire de turnul cu prelingere, pelicula de apă nu se mai formează prin stropirea umpluturii, ci prin adeziune la suprafața unui sistem de discuri rotitoare, cufundate parțial în bazinul cu apă. Pentru mărirea suprafețelor active de schimb și umectarea suplimentară a acestora, discurile pot fi udate și prin partea superioară, cu ajutorul unor jeturi ce nu pun probleme. Turnul se poate dezvolta atît în plan, cît și în înălțime, prin suprapunerea mai multor etaje.

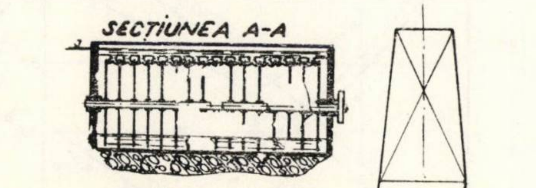


Fig. 1. Schema turnului de răcire cu transport pelicular.

Pe lîngă înlăturarea dezavantajelor semnalate, este de așteptat o intensificare a răcirii apei ca rezultat al posibilităților de mărire a vitezelor relative, al reducerii grosimii stratului-limită prin schimbarea permanentă a direcției de spălare, al reducerii grosimii peliculei de lichid, al măririi diferenței de potențial termic și al transportului suplimentar de căldură prin conducția termică și capacitatea calorică a discurilor rotitoare.

Consumul suplimentar de energie necesar antrenării discurilor se compensează parțial prin reducerea consumului de energie atît de partea apei cît și a aerului.

Descrierea instalației [*)]

Pentru verificarea avantajelor scontate și pentru obținerea unor prime cifre chiar și informative asupra schimbului de căldură și de masă în elementele unui astfel de turn, a fost conceput și realizat un stand experimental simplificat, la scară redusă, redat schematic în figura 2.

Rotorul instalației a fost executat din zece discuri de aluminiu cu diametrul de 314 mm și pasul de așezare de 25 mm (distanța dintre

---

[*)] Prof. dr. ing. Virgil Barbu, asistent ing. Daniel Iorga și asist. ing. Mihai Jădăneanțu fac parte din colectivul Catedrei de termotehnică a Institutului politehnic Timișoara.

[*)] La realizarea standului, la etalonări și măsurători preliminare au colaborat și dr. ing. N. Oancea și ing. D. Negru.

discuri, $\delta = 22$ mm); variaţia turaţiei s-a făcut prin intermediul unui variator cu placă de fricţiune şi o transmisie cu curele etajată.

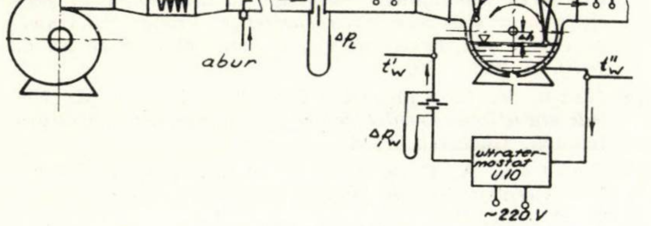


Fig. 2. Schema instalaţiei.

Dimensiunile reduse ale instalaţiei au permis condiţionarea aerului la parametrii doriţi cu ajutorul unui încălzitor electric şi al unei autoclave, iar încălzirea apei cu ajutorul unui termostat.

Instalaţia a fost prevăzută cu toată aparatura şi instrumentele necesare unor măsurători de precizie ridicată, cu considerarea tuturor erorilor posibile.

Rezultate obţinute

Prin programul cercetărilor experimentale efectuate s-a urmărit determinarea cifrelor caracteristice de transfer de căldură şi de masă: zona de răcire, $\Delta t_w = t'_w - t''_w$, răcirea peliculei antrenate pe discuri, $\Delta t_{pl} = t'_{pl} - t''_{pl}$, căldura evacuată, $\dot{Q}$, sarcina termică volumică a turnului, $\dot{Q}/V_t$, încărcarea termică specifică a plăcilor, $\dot{Q}/A_p$, debitul relativ al pierderilor de apă, $\dot{m}_{ad}/\dot{m}_w$, coeficientul volumic de schimb de substanţă, β_{xv}, coeficientul de schimb de masă, σ, coeficientul de transfer termic prin convecţie, α, şi cifra Merkel de evaporare, K_v, sub influenţa variaţiei fiecăruia dintre parametrii funcţionali, ca: viteza de insuflare a aerului, w'_L, umiditatea relativă, φ' (la temperatură constantă), temperatura aerului, t'_L (la umiditate relativă constantă), temperatura apei la intrare, t'_w, temperatura medie a peliculei antrenate, $\bar{t}_{pl}$ şi viteza unghiulară de rotaţie a discurilor, ω.

Principalele rezultate înregistrate pot fi urmărite în figurile 3—12, care redau sintetic influenţa parametrilor funcţionali consideraţi asupra mărimilor termice caracteristice.

Astfel, în figura 3 este redată variaţia zonei de răcire $\Delta t_w = t'_w - t''_w$, a sarcinilor termice specifice $\dot{Q}/V_t$ şi $\dot{Q}/A_p$, a temperaturilor peliculei t'_{pl}, t''_{pl} şi $\bar{t}_{pl} = (t'_{pl} + t''_{pl})/2$ şi a pierderilor relative de apă $\dot{m}_{ad}/\dot{m}_w$ sub influenţa vitezei aerului înaintea intrării între discuri, w'_L, restul parametrilor menţinîndu-se constanţi, şi anume: temperatura apei la intrare $t'_w = 40$°C, parametrii aerului: $t'_L \cong 33$°C şi $\varphi' \cong 0{,}45$, viteza unghiulară de rotaţie a discurilor $\omega = 3{,}8$ s^{-1}, debitul apei $\dot{m}_w = 0{,}052$ kg/s; nivelul apei în bazin $\Delta h = 0{,}2$ R (măsurat din axul discurilor).

Pentru comparaţie, s-au făcut măsurători şi pentru $t'_L = 27/20{,}5$°C, stare folosită curent în cercetarea turnurilor de răcire obişnuite în regim de „vară".

Se remarcă o creştere accentuată cu w'_L atît a răcirii peliculei $\Delta t_{pl} = t'_{pl} - t''_{pl}$, cît şi a zonei de răcire Δt_w, precum şi a sarcinilor termice specifice $\dot{Q}/V_t$ şi $\dot{Q}/A_p$ şi a pierderilor relative de apă prin evaporare şi antrenare, $\dot{m}_{ad}/\dot{m}_w$; evident, pentru $t'_{pl} = 40$°C = const. (în loc de $t'_w = 40$°C = const.), creşterile amintite sînt şi mai pronunţate; influenţa temperaturii peliculei antrenante t'_{pl} a fost considerată însă separat.

Cu suficientă aproximaţie, pentru $w'_L = 0{,}2 \ldots 4$ m/s şi în condiţiile specificate ($t'_w = 40$°C = const.), variaţia sarcinilor termice este redată de relaţiile:

$$\dot{Q}/V_t \cong 33\, w_L'^{\,0{,}533} \; [\mathrm{kW/m^3}] \tag{1}$$

$$\dot{Q}/A_p \cong 0{,}86\, w_L'^{\,0{,}533} \; [\mathrm{kW/m^2}]^{*)} \tag{2}$$

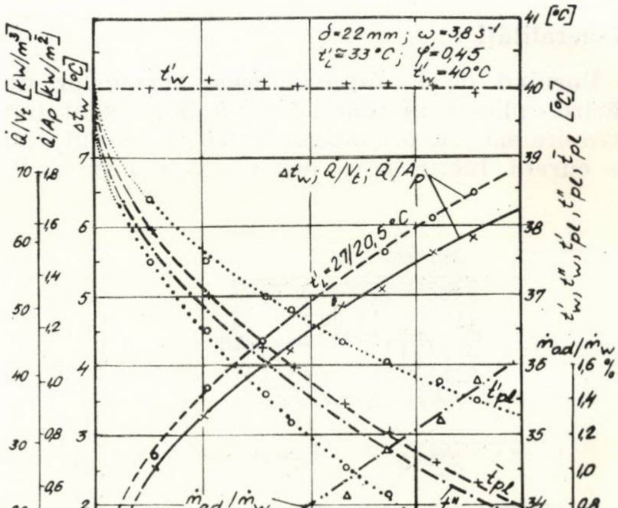


Fig. 3. Variaţia zonei de răcire Δt_w, a sarcinilor termice, $\dot{Q}/V_t$ şi $\dot{Q}/A_p$, a pierderilor relative de apă, $\dot{m}_{ad}/\dot{m}_w$ şi a temperaturilor, t'_{pl}, t''_{pl} şi $\bar{t}_{pl}$, sub influenţa vitezei de insuflare a aerului, w'_L.

şi, respectiv.

$$\dot{m}_{ad}/\dot{m}_w = 0{,}0041\, w_L'^{\,0{,}533} \; [\%] \tag{3}$$

---

*) Penru $t'_L = 27/20{,}5$°C, valorile coeficienţilor din (1) şi (2) sînt 37 şi, respectiv, 0,96.

În partea inferioară a figurii 3 este trasată curba de variaţie a mărimilor Δt_w, $\dot{Q}/V_t$ şi $\dot{Q}/A_p$ pentru rotorul imobil ($\omega = 0$), cînd schimbul de masă şi de căldură este limitat la suprafaţa liberă a apei din bazin şi conducţia termică a plăcilor. Pentru $w'_L = 0{,}5 \ldots 4$ m/s, mărirea vitezei aerului conduce la creşteri proporţionale ale sarcinilor termice, după relaţiile:

$$\dot{Q}/V_t = 3\,000 + 2\,500\, w'_L \ [\mathrm{W/m^3}] \qquad (4)$$

şi, respectiv,

$$\dot{Q}/A_p = 78 + 65\ w'_L \ [\mathrm{W/m^2}] \qquad (5)$$

Influenţa favorabilă a rotirii plăcilor apare astfel evidentă (vezi şi figura 5).

Variaţia coeficienţilor de schimb de masă şi de căldură cu viteza aerului, w'_L, este redată separat, în figura 4, în coordonate logaritmice, pentru $w'_L = 0{,}3 \ldots 4$ m/s; relaţiile de interdependenţă obţinute pot fi scrise sub forma

$$\sigma,\ \alpha,\ \beta_{xv},\ K_v \cong C_1 \cdot w'^{\,0{,}7}_L, \qquad (6)$$

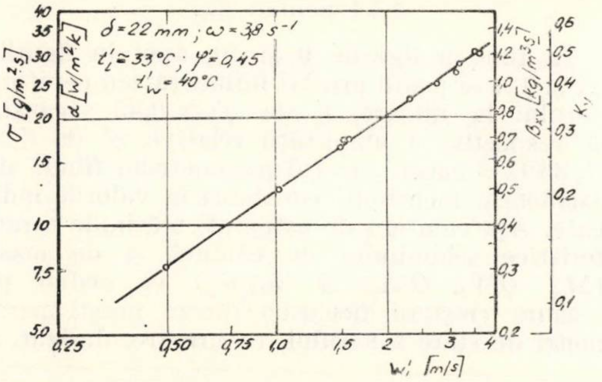


Fig. 4. Variaţia coeficienţilor de schimb de substanţă şi de căldură, σ, α, β_{xv} şi K_v cu w'_L.

în care

$C_1 \cong 12{,}5$ pentru σ [g/m²·s] şi α [W/m²·K];

$C_1 \cong 0{,}5$ pentru β_{xv} [kg/m³·s];

$C_1 \cong 0{,}21$ pentru K_v.

Influenţa vitezei unghiulare ω de rotaţie a discurilor asupra aceloraşi mărimi, cînd ceilalţi parametri funcţionali sînt menţinuţi constanţi ($t'_w = 40°\mathrm{C}$, $t'_L = 33°\mathrm{C}$, $\varphi' = 0{,}45$, $w'_L = 3{,}2$ m/s), poate fi urmărită în figurile 5 şi 6.

Mărirea vitezei unghiulare ω conduce la creşteri sensibile ale mărimilor Δt_w, $\dot{Q}/V_t$, $\dot{Q}/A_p$ şi $\dot{m}_{ad}/\dot{m}_w$ (figura 5), în special pentru $\omega \leqslant 1{,}5$ s⁻¹ ($n \leqslant 15$ rot/min); pentru $\omega > 1{,}5$ s⁻¹, încărcările termice specifice $\dot{Q}/V_t$ şi $\dot{Q}/A_p$ (la fel şi $\dot{m}_{ad}/\dot{m}_w$) cresc aproape liniar cu ω, ca urmare atît a intensificării transferului termic, cît şi a transportului căldurii prin capacitatea calorică a discurilor.

Desigur, aşa cum rezultă şi din figura 5, principala cauză a intensificării schimbului de substanţă şi de căldură o constituie creşterea temperaturii medii a peliculei, $\bar{t}_{pl}$, ca urmare a măririi debitului de apă antrenată pe discuri (răcirea peliculei $\Delta t_{pl} = t'_{pl} - t''_{pl}$ descreşte după o curbă cvasi-hiperbolică).

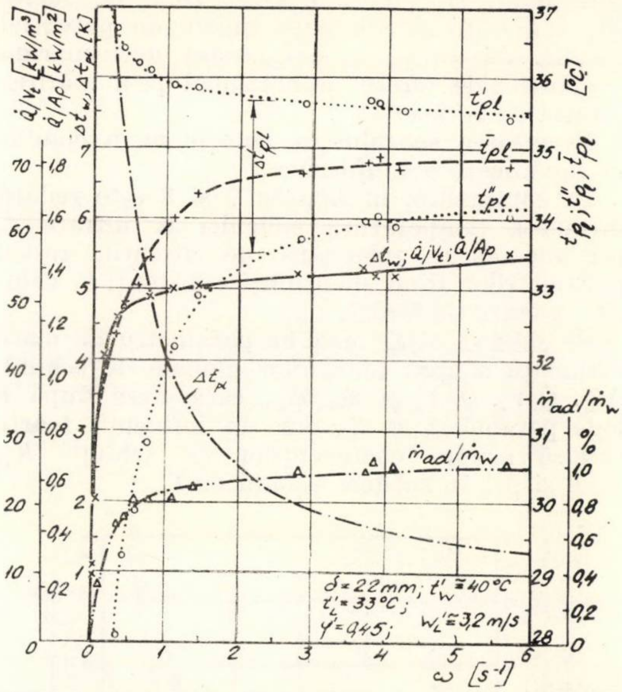


Fig. 5. Influenţa vitezei unghiulare, ω, asupra mărimilor caracteristice.

Observăm, de asemenea, că pentru $t'_{pl} = 40°\mathrm{C} = \mathrm{const.}$ (în loc de $t'_w = 40°\mathrm{C} = \mathrm{const.}$), mărirea turaţiei de antrenare se resimte şi mai avantajos, rezultînd creşteri şi mai accentuate ale temperaturii medii a peliculei, $\bar{t}_{pl}$, şi deci o intensificare a proceselor de schimb şi mai pronunţată.

Relaţiile de interdependenţă ce pot fi stabilite pe baza graficelor din figura 5, pentru $\omega = 0{,}5 \ldots 6$ s⁻¹ ($n = 5 \ldots 60$ rot/min), sînt de forma

$$\dot{Q}/V_t,\ \dot{Q}/A_p,\ \dot{m}_{ad}/\dot{m}_w = C_2 \cdot \omega^{0{,}042}, \qquad (7)$$

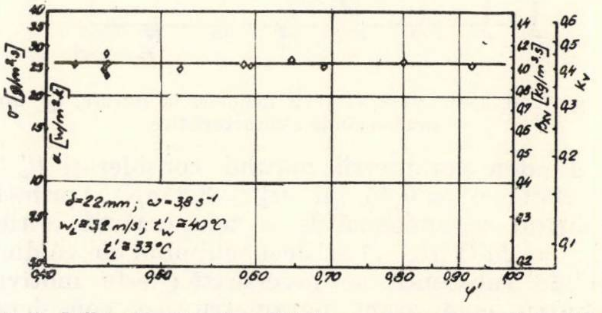


Fig. 6. Influenţa vitezei unghiulare, ω, asupra coeficienţilor de transfer termic şi de masă.

în care

$C_2 = 51{,}8$ pentru $\dot{Q}/V_t$ [kW/m³],

$C_2 = 1{,}33$ pentru $\dot{Q}/A_p$ [kW/m²] şi

$C_2 = 0{,}86$ pentru $\dot{m}_{ad}/\dot{m}_w$ [%].

În privinţa coeficienţilor de transfer K_v, β_{xv}, σ şi α, este de observat (fig. 6) că valorile acestora nu sînt influenţate practic de viteza de rotaţie (cel puţin în domeniul de lucru considerat, $\omega = 0{,}5 \ldots 6\ \mathrm{s}^{-1}$); zona de răcire $\Delta t_w = t'_w - t''_w$ şi diferenţa medie de potenţial termic, $\Delta i_m = i_{Ls}, t_{pl} - i_{Lm}$, sînt deci mărimi proporţionale (cresc proporţional prin mărirea vitezei de rotaţie ω)*).

Inversarea sensului de rotaţie nu a condus la modificări semnificative.

În continuare, în figurile 7 şi 8 este redată influenţa temperaturii peliculei la intrare t'_{pl} (în momentul antrenării pe discuri), restul parametrilor fiind menţinuţi constanţi la valorile înscrise pe figură.

Se observă că t'_{pl} este un parametru de mare influenţă asupra mărimilor globale de schimb Δt_w, $\dot{Q}/V_t$, $\dot{Q}/A_p$ şi $\dot{m}_{ad}/\dot{m}_w$, care cresc după o lege parabolică cu t'_{pl}, dar de influenţă foarte redusă asupra coeficienţilor de schimb K_v, σ, α şi β_{xv}, în scădere uşoară cu t'_{pl}.

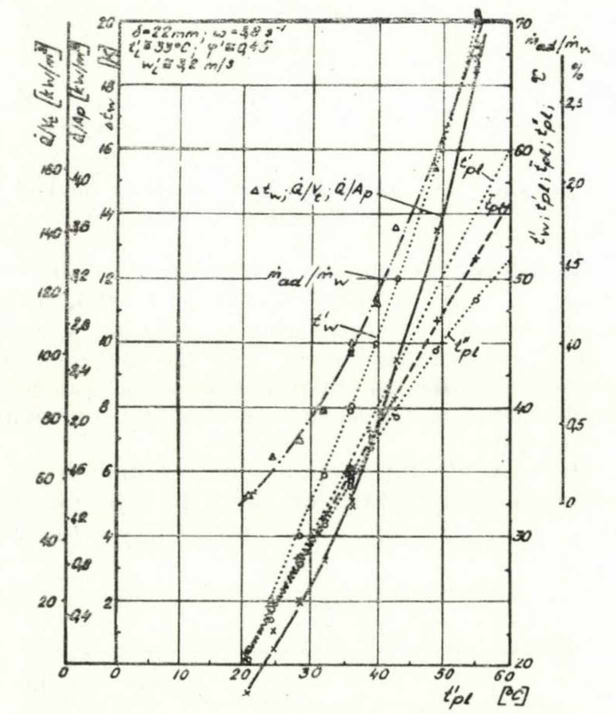


Fig. 7. Influenţa temperaturii peliculei la intrare, t'_{pl}, asupra mărimilor caracteristice.

Pentru parametrii aerului consideraţi ($t'_L \cong 33°\mathrm{C}$, $\varphi' \cong 0{,}45$ şi $w'_L \cong 3{,}2\ \mathrm{m/s}$), primele mărimi se anulează la o temperatură critică $t'_{pl\,cr} = 23°\mathrm{C}$ (fig. 7) şi deci schimbul de căldură şi de substanţă se inversează; este motivul pentru care drept parametru s-a considerat nu t'_{pl}, ci $t'_{pl} - t'_{pl\,cr}$, obţinîndu-se următoarele relaţii de influenţă a temperaturii peliculei:

$$\dot{Q}/V_t,\ \dot{Q}/A_p,\ \dot{m}_{ad}/\dot{m}_w = C_3\,(t'_{pl} - t'_{pl\,cr})^{1{,}255} \quad (8)$$

şi, respectiv,

$$K_v,\ \sigma,\ \alpha,\ \beta_{xv} = C_4\,(t'_{pl} - t'_{plcr})^{0{,}055}, \quad (9)$$

în care, cu folosirea aceloraşi dimensiuni ca mai sus,

$C_3 = 2{,}37$ pentru $\dot{Q}/V_t$; $0{,}061$ pentru $\dot{Q}/A_p$ şi $0{,}038$ pentru $\dot{m}_{ad}/\dot{m}_w$,

iar

$C_4 = 0{,}46$ pentru K_v; $28{,}65$ pentru σ şi α şi $1{,}14$ pentru β_{xv}.

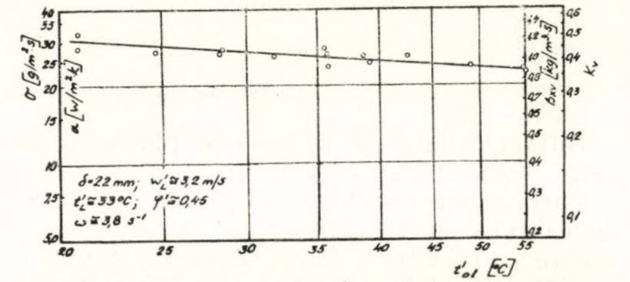


Fig. 8. Influenţa temperaturii, t'_{pl}, asupra coeficienţilor de schimb.

În fine, în figurile 9 şi 10, apoi în figurile 11 şi 12, se poate urmări influenţa temperaturii aerului la intrare, t'_L (la $\varphi' \cong 0{,}45 = \mathrm{const.}$) şi, respectiv, a umidităţii relative, φ' (la $t'_L \cong 33°\mathrm{C} = \mathrm{const.}$), restul parametrilor fiind, de asemenea, menţinuţi constanţi la valorile indicate. Aşa cum era de aşteptat, mărimile caracteristice schimbului de căldură şi de masă (Δt_w, $\dot{Q}/V_t$, $\dot{Q}/A_p$ şi $\dot{m}_{ad}/\dot{m}_w$) se reduc pe măsura creşterii fiecăruia dintre aceşti parametri de stare a aerului, ca urmare, desigur, a micşorării diferenţei de potenţial termic; în schimb, în condiţiile de lucru specificate (la $t'_w = \mathrm{const.}$), coeficienţii de schimb K_v, σ, α, şi β_{xv} nu sînt influenţaţi, practic, nici de vari-

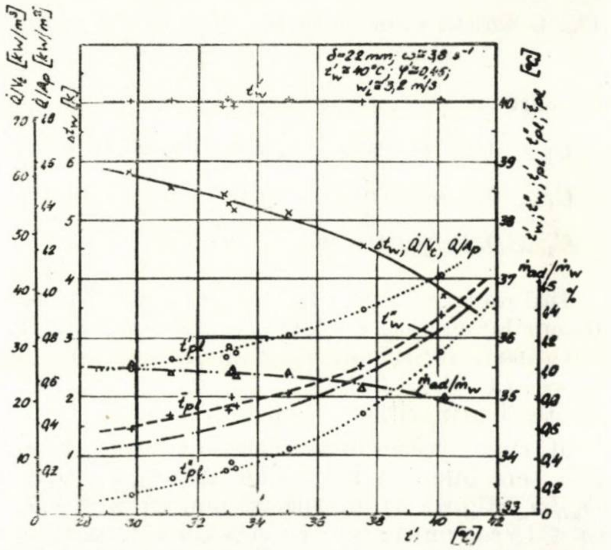


Fig. 9. Influenţa temperaturii aerului la intrare, t'_L, asupra mărimilor Δt_w, $\dot{Q}/V_t$, $\dot{Q}/A_p$ şi $\dot{m}_{ad}/\dot{m}_w$.

---

*) Rezultă din: $K_v = f\,\dfrac{c_w \cdot \Delta t_w}{\Delta i_m} = \mathrm{const.}$ [3]

ația temperaturii, t'_L, nici de cea a umidității, φ', deși ambii parametri au fost variați în limite foarte largi.

Relațiile de dependență corespunzătoare ar putea fi scrise sub forma:

$$\dot{Q}/V_t,\ \dot{Q}/A_p,\ \dot{m}_{ad}/\dot{m}_w \cong C_5 \cdot t_L'^{-1,285} \tag{10}$$

și, respectiv,

$$\dot{Q}_t/V_t,\ \dot{Q}/A_p,\ \dot{m}_{ad}/\dot{m}_w \cong C_6\, \varphi'^{-0,771} \tag{11}$$

în care, în ordinea de scriere, $C_5 \cong 4780;\ 125;\ 78$ și $C_6 \cong 33,9;\ 0,81;\ 0,55$.

Menționăm și aici că, pentru $t'_{pl} = 40°\mathrm{C} = \mathrm{const.}$ (în loc de $t'_w = 40°\mathrm{C} = \mathrm{const.}$), s-ar fi obținut valori mai mari pentru toate mărimile caracteristice, iar alura curbelor reprezentative ar fi fost și mai căzătoare.

Avem astfel un tablou general și complet al influenței tuturor parametrilor funcționali asupra comportării turnurilor de răcire cu transport pelicular, în condițiile de funcționare considerate (un singur rotor, cu formarea peliculei prin antrenare, din bazin). În aceste condiții de funcționare, pentru $t'_w = 40°\mathrm{C} = \mathrm{const.}$ și pentru parametrii constructivi specificați, expresiile cele mai generale ale dependențelor stabilite pot fi scrise sub forma

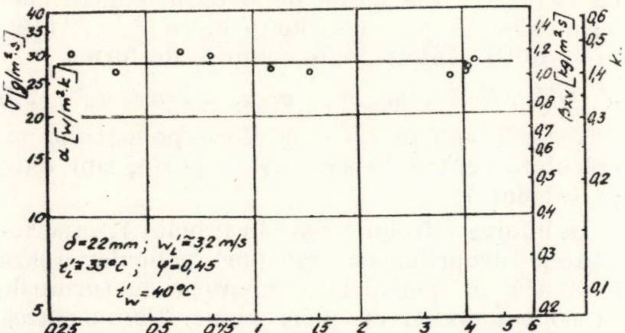


Fig. 10. Influența temperaturii t'_L asupra coeficienților de schimb.

$$\dot{Q}/V_t, \dot{Q}/A_p, \dot{m}_{ad}/\dot{m}_w = C_7 \frac{w_L'^{0,533} \cdot \omega^{0,042}\,(t'_{pl} - t'_{plcr})^{1,255}}{t_L'^{1,285} \cdot \varphi'^{0,771}} \tag{12}$$

respectiv

$$K_v,\ \sigma,\ \alpha,\ \beta_{xo} = C_8 \cdot w_L'^{0,7}/(t'_{pl} - t'_{plcr})^{0,055}, \tag{13}$$

în care, în ordinea de scriere,

$$C_7 \cong 60,4;\ 1,535;\ 0,965$$

și

$$C_8 \cong 0,207;\ 12,93;\ 12,93;\ 0,518.$$

Observație: riguros, aceste expresii sînt valabile, desigur, numai pentru $w'_L \cong 3,2$ m/s; $\omega = 3,8\ \mathrm{s}^{-1}$; $t'_w \cong 40°\mathrm{C}$; $t'_L \cong 33°\mathrm{C}$, $\varphi' \cong 0,45$ sau în jurul acestor valori, dar, cu aproximație, pot fi folosite și pentru alte valori.

De asemenea, dependențele stabilite sînt valabile, cel puțin sub aspectul lor calitativ, și pentru celelalte tipuri de turnuri de răcire.

Tocmai pentru a putea transpune aceste rezultate pentru turnurile obișnuite, pentru care $t'_{pl} = t'_w$, și pentru că această condiție favorabilă schimbului de căldură și de masă poate fi realizată și în cazul turnurilor cu transport pelicular (prin folosirea mai multor rotoare în serie sau prin trimiterea apei direct pe discuri, prin jeturi), nu ar fi fost, desigur, lipsit de interes ca măsurătorile să fi fost reluate și pentru $t'_{pl} = \mathrm{const.}$

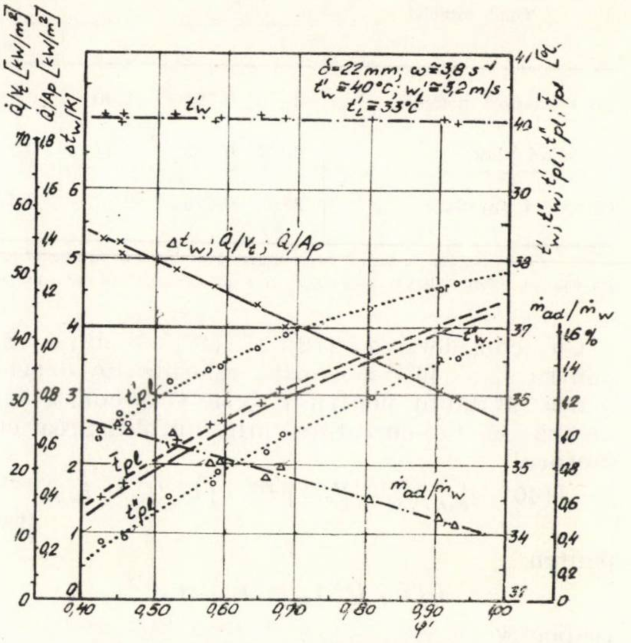


Fig. 11. Influența umidității relative, φ'.

Cu suficientă aproximație, considerăm că se poate ajunge la corectarea rezultatelor înregistrate și pe cale de calcul, din urmărirea variației temperaturii peliculei, t'_{pl}, cu fiecare dintre parametrii considerați și considerarea variației mărimilor de schimb cu t'_{pl}.

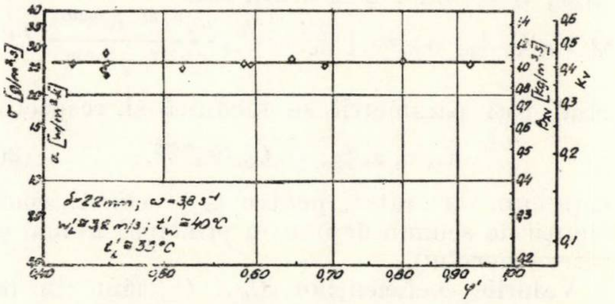


Fig. 12. Influența umidității relative, φ', asupra coeficienților de schimb.

Într-adevăr, din figurile 3, 5, 9 și 11 variația temperaturii cu w'_L, cu ω, cu t'_L și, respectiv, cu φ' este dată de relațiile:

$$t'_{pl} - t'_{plcr} \cong 15\, w_L'^{-0,15} \tag{14}$$

$$t'_{pl} - t'_{plcr} \cong 12,7\, \omega^{-0,133} \tag{15}$$

$$t'_{pl} - t'_{plcr} \cong 3,08\, t_L'^{0,408} \tag{16}$$

$$t'_{pl} - t'_{plcr} \cong 131,5\, \varphi'^{0,229} \tag{17}$$

Tabelul 1

Valorile constantei C și exponentului m (ec. 27)

Tipul turnului	$\dot{Q}/V_t$		$\dot{Q}/A_p$		$\dot{m}_{ad}/\dot{m}_w$		$\sigma\alpha$		β_{xv}	
	C	m	C	m	C	m	C	m	C	m
Cu transport pelicular	39	0,721	1,00	0,721	0,251	0,721	10,71	0,692	0,447	0,692
Cu plăci plane	23,35	0,532	0,51	0,532	1,35	0,73	9,3	0,530	0,392	0,530
Cu plăci ondulate	31,6	0,675	0,94	0,675	1,1	0,90	18,0	0,697	0,608	0,697

Observație. Pentru turnul cu transport pelicular s-a considerat $\omega \cong 3{,}8\ s^{-1}$ și valorile lui C și m s-au calculat cu corectarea diferențelor provenite din valorile diferite ale parametrilor t'_L și φ' (33°C și 0,45 în cazul turnului cu transport pelicular, 27°C și 0,55 în cazul turnurilor cu prelingere, cu plăci).

Cu considerarea (12) și (13) rezultă că, pentru $t'_{pl} \cong 40°C = \text{const.}$, relațiile de dependență stabilite pentru $t'_w \cong 40°C \cong \text{const.}$ urmează să fie corectate prin amplificarea cu factorul

$$f_1 = [(40 - t'_{plcr})/(t'_{pl} - t'_{plcr})]^{1,255} = [17/(t'_{pl} - t'_{plcr})]^{1,255} \tag{18}$$

pentru

$$\dot{Q}/V_t,\ \dot{Q}/A_p \text{ și } \dot{m}_{ad}/\dot{m}_w,$$

respectiv

$$f_2 = (t'_{pl} - t'_{plcr})^{0,055}/17^{0,055} \tag{19}$$

pentru

$$K_v,\ \sigma,\ \alpha \text{ și } \beta_{xv}.$$

Relațiile ce se obțin în final, pentru acest caz, ($t'_{pl} \cong 40°C = \text{const.}$) sînt de forma

$$\begin{aligned} \dot{Q}/V_t,\ \dot{Q}/A_p,\ \dot{m}_{ad}/\dot{m}_w\ [\%] &= C_9\ w_L'^{0,721} && (20)\\ &= C_{10}\ \omega^{0,209} && (21)\\ &= C_{11}\ t_L'^{-1,787} && (22)\\ &= C_{12}\ \varphi'^{-1,058} && (23)\end{aligned}$$

cînd ceilalți parametri sînt menținuți constanți la valorile indicate ($\omega \cong 3{,}8 s^{-1}$; $w'_L \cong 3{,}2$ m/s; $t'_L \cong 33°C$; $\varphi' \cong 0{,}45$), sau

$$\dot{Q}/V_t,\ \dot{Q}/A_p,\ \dot{m}_{ad}/\dot{m}_w\ [\%] = C_{13}\frac{w_L'^{0,721}\cdot\omega^{0,209}}{t_L'^{1,787}\cdot\varphi'^{1,058}} \tag{25}$$

cînd toți parametrii se modifică și, respectiv,

$$K_v,\ \sigma,\ \alpha,\ \beta_{xv} = C_{14}\cdot w_L'^{0,692} \tag{26}$$

(așa cum s-a arătat, pentru $t'_{pl} = \text{const.}$, coeficienții de schimb depind în principal numai de viteza aerului).

Valorile coeficienților $C_9 \ldots C_{14}$ sînt (în ordinea de scriere): $C_9 = 33{,}7$; 0,866 ; 0,217 ; 1,515 ; 0,379 ; $C_{11} = 39900$; 1025 ; 257 ; $C_{12} = 33{,}5$; 0,862 ; 0,215 ; $C_{13} = 5650$; 145,5 ; 36,3 ; $C_{14} = 0{,}179$; 10,71 ; 0,447.

Asupra valabilității (20) ...(26) trebuie făcută aceeași observație de la pagina 543.

Desigur, lucrarea nu poate fi considerată încheiată fără o comparație între rezultatele obținute în articolul de față, în cazul elementului de turn cu transport pelicular cercetat, și rezultatele obținute anterior în cercetarea turnurilor de răcire în contracurent, cu curgere peliculară pe plăci plane sau ondulate (din azbociment) [2], [4], [5].

Referindu-ne numai la influența vitezei aerului la intrare, w'_L, singurul parametru care influențează practic asupra coeficienților de schimb (la $t'_{pl} = \text{const.}$), relațiile de dependență cu viteza ale mărimilor de schimb, pentru aceleași valori ale parametrilor de lucru ($\delta = 22$ mm, $t'_{pl} = 40°C$), sînt în toate cazurile de forma

$$\dot{Q}/V_t,\ \dot{Q}/A_p,\ \dot{m}_{ad}/\dot{m}_w,\ \sigma,\ \alpha,\ \beta_{xv} = C\ w_L'^{m}. \tag{27}$$

Valorile constantei C și ale exponentului m, calculate pentru fiecare caz în parte, sînt date în tabelul 1.

În lumina cifrelor redate în tabelul 1, superioritatea turnurilor cu transport pelicular apare evidentă, în special în comparație cu turnurile în contracurent, cu plăci plane. Comportarea lor se impune ca deosebit de avantajoasă, mai ales sub aspectul pierderilor de apă, de circa 5,4 ori și, respectiv, de 4,4 ori mai reduse decît pentru turnurile cu prelingere cu plăci plane sau ondulate, la $w'_L = 1$ m/s (la viteze mai mari diferențele sînt și mai pronunțate).

Așa cum s-a arătat, mărirea vitezei de rotație, ω, asigură realizarea unor cifre de schimb de căldură și de masă și mai avantajoase.

Concluzii

Deși efectuate pe un stand căruia, fiind la prima realizare, i s-ar putea aduce încă îmbunătățiri, rezultatele înregistrate în cercetarea turnurilor cu transport pelicular sînt foarte promițătoare. Este drumul pe care, cu perseverență, s-ar putea ajunge în viitor la adevărate mașini de răcire.

În general, cifrele de schimb de căldură și de masă sînt mai favorabile decît acelea ale turnurilor cu prelingere, îndeosebi sub aspectul pierderilor de apă, și cu aceeași influență a principalilor parametri funcționali.

Este prima lucrare în care se face un studiu sistematic al influenței acestor parametri într-un domeniu atît de larg.

Bibliografie

[1] Barbu, V. *Descrierea invenţiei 51823*, 1969.
[2] Vlădea, I., Barbu, V., Oancea, N., Negru, D. şi Jădăneanţu, M. *Verhalten der Kühltürme mit Filmberieselung im Gegenstrom.* BWK *22*, nr. 10, 1970.
[3] Spangemacher, K. *Berechnung von Kühltürmen und Einspritzkühlern mit Hilfe einer Verdunstungskennzahl.* BWK *10*, nr. 5, 1958.
[4] Spangemacher, K. *Charakteristik von Kühltürmen mit natürlichem Zug.* BWK *16* nr. 5, 1964.
[5] Vlădea, I., Barbu, V., Oancea, N., Negru, D., Iorga, D. şi Jădăneanţu, M. *Studiu turnurilor de răcire peliculare cu plăci plane din azbociment. Influenţa debitului specific de apă şi a distanţei dintre plăci.* Energetica *17* nr. 12, 1969.

(Articol intrat în redacţie la 14 mai 1971)

Consideraţii asupra unor aspecte ale regimului chimic al apei din cazane

Ing. L. Stanisavlievici*)

Numeroasele studii, cercetări şi observaţii privind explicarea ştiinţifică a fenomenelor constatate în exploatarea cazanelor, pe partea de apă, nu sînt încă finalizate în concluzii certe, unanim acceptate sau precizate în reglementări concordante între ele.

Comparînd prevederile prescripţiilor şi recomandărilor, valabile în diferite ţări, privind regimul chimic al apei pentru cazane, se constată diferenţe sensibile între ele, chiar la indici de calitate de importanţă deosebită.

În cele ce urmează se analizează situaţia pentru cazanele cu circulaţie multiplă (cazane cu tambur), referitoare la unii indici de calitate ai apei din cazan, şi anume : alcalinitatea *p*, salinitatea, conţinutul în fosfat, astfel cum apare în reglementările oficiale şi oficioase : STAS 20018-69, ČSN 077401-1966, VGB-Richtwerte-1968.

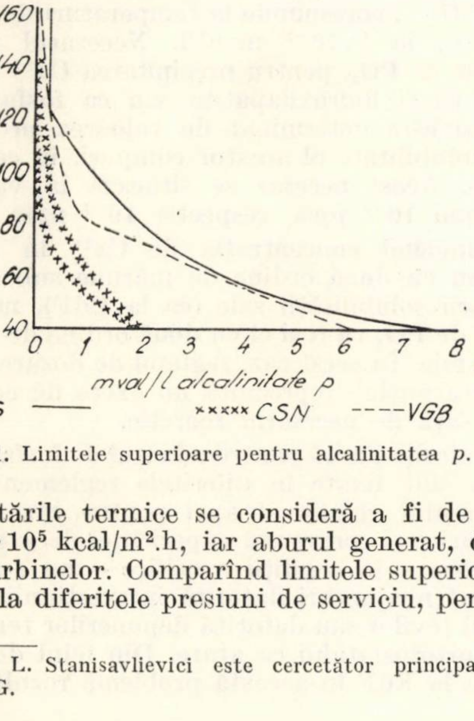


Fig. 1. Limitele superioare pentru alcalinitatea *p*.

Solicitările termice se consideră a fi de cel mult $2 \cdot 10^5$ kcal/m^2.h, iar aburul generat, destinat turbinelor. Comparînd limitele superioare admise la diferitele presiuni de serviciu, pentru indicii de calitate menţionaţi, se obţin diagramele din figurile 1, 2 şi 3.

Limitele superioare pentru alcalinitatea *p* a apei din cazan (fig. 1) admise de ČSN, pentru diferitele presiuni, în funcţionare de durată, sînt mai mici decît acelea admise de STAS şi de VGB. Normele ČSN fac distincţie — bazată pe intensitatea solicitărilor termice specifice — între cazanele funcţionînd pe cărbuni şi acelea funcţionînd pe păcură sau gaze naturale ; pentru acestea din urmă, valorile-limită ale indicilor de calitate sînt mai mici decît pentru primele.

În general, în domeniul presiunilor peste 120 kgf/cm^2, limitele admise tind spre valori de 0,3 şi mai mici ; această alcalinitate este recomandabil să se datoreze alcaliilor volatile (amoniac şi hidrazină) dozate în apa de alimentare, şi nu unor alcalii solide (mai ales NaOH).

Descreşterea continuă a limitei admisibile pentru alcalinitatea *p*, o dată cu creşterea presiunii de serviciu, este teoretic justificată ; acţiunea distructivă a alcalinităţii caustice asupra metalului ţevilor fierbătoare ale cazanului creşte o dată cu solicitările termică, chimică şi mecanică, la care este supus metalul.

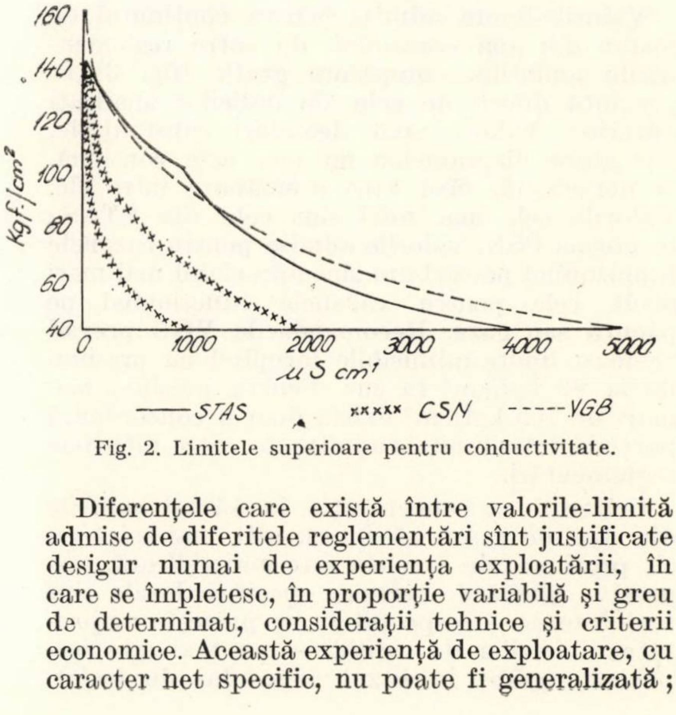


Fig. 2. Limitele superioare pentru conductivitate.

Diferenţele care există între valorile-limită admise de diferitele reglementări sînt justificate desigur numai de experienţa exploatării, în care se împletesc, în proporţie variabilă şi greu de determinat, consideraţii tehnice şi criterii economice. Această experienţă de exploatare, cu caracter net specific, nu poate fi generalizată ;

---

*) Ing. L. Stanisavlievici este cercetător principal la ICENERG.

compararea statistică a diferitelor reglementări nu poate avea o valoare de verificare reciprocă a lor.

În ce privește valorile-limită admise pentru conductivitate (fig. 2), se constată o descreștere a lor o dată cu creșterea presiunii de serviciu, similar cu alcalinitatea *p*. Valorile diferă în diferitele reglementări, cele prevăzute de ČSN fiind cele mai mici; nu apare vreo justificare teoretică pentru aceste deosebiri. În domeniul de presiuni de 140 kgf/cm² și mai mari, concordanța este însă vădită.

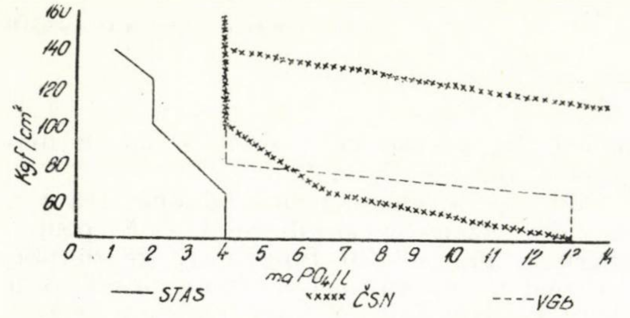


Fig. 3. Limitele superioare pentru fosfat.

Salinitatea apei din cazan trebuie să fie cît mai mică, condiție care nu mai este astăzi contestată din punct de vedere teoretic; diferențele existente dintre valorile-limită admise se explică numai prin generalizarea unor experiențe de exploatare specifice și a unor considerente economice, specifice și ele.

Aplicarea unor criterii statistice în aprecierea valorilor „sigure" care trebuie adoptate — obținute prin compararea prevederilor dintr-o serie de reglementări oficiale sau oficioase — nu prezintă vreo utilitate practică.

Valorile-limită admise pentru conținutul de fosfat din apa cazanului, de către reglementările amintite, comparate grafic (fig. 3) se prezintă diferit de cele ale indicilor analizați anterior. Valoric apar deosebiri substanțiale, iar alura diagramelor nu mai este continuă, ci neregulată, fără vreo asemănare între ele. Valorile cele mai mici sînt cele din STAS; în norma ČSN, valorile admise pentru cazanele funcționînd pe cărbuni sînt apreciabil mai mari decît cele pentru cazanele funcționînd pe păcură sau gaze. Recomandările VGB prevăd aceleași limite admisibile începînd cu presiuni de la 80 kgf/cm² în sus. Pentru presiuni mai mari de 100 kgf/cm² există doar o concordanță parțială între limitele admise de către diferitele reglementări.

Criteriul ca concentrația în săruri solubile din apa de cazan să fie cu atît mai mică cu cît presiunea de serviciu este mai ridicată, respectiv solicitările termice specifice locale sînt mai intense — respectat în ce privește majoritatea inidicilor de calitate — nu mai este respectat riguros în cazul adaosului de fosfat. Această constatare este valabilă și pentru alte reglementări, care nu sînt analizate aici; situația se datorește concepțiilor diferite asupra rolului atribuit fosfatului în exploatarea pe partea de apă a cazanelor. Totuși majoritatea cercetătorilor condiționează folosirea fosfatului de complexitatea și de eficiența tratării apei [1], mai bine zis de deficiențele care pot apărea în acest domeniu în exploatare.

La „Electricité de France" se consideră [2] că adaosul de fosfat la apa de cazan — pentru combaterea depunerilor provocate de impurificarea condensatului de către apa de răcire — trebuie foarte mult limitat. Regimul de fosfatare este diferențiat în: „puțin fosfat", „foarte puțin fosfat", și „fără fosfat". Alegerea și aplicarea unuia dintre aceste regimuri la o unitate dată au loc în raport cu condițiile specifice locale de exploatare, independent de presiunea de serviciu a cazanului. Regimul „puțin fosfat" este, astăzi, aproape complet abandonat.

Din reacția fosfatului cu carbonații de calciu și de magneziu apare, la presiuni ridicate, alcalinitatea caustică; excesul de fosfat menținut în apa de cazan contribuie — prin fenomenul de hide-out (sechestrare)—la depuneri temporare pe pereții țevilor, ale sărurilor solubile, ceea ce poate declanșa supraîncălziri locale și coroziuni. Din aceste motive, la EdF se dozează fosfat în apa de cazan numai atîta timp cît concentrația de Ca^{2+} din apă este mai mică de 40 μg/l (corespunzător la 2.10^{-3} mval/l). La atingerea sau depășirea acestei concentrații grupul respectiv trebuie oprit.

Solubilitatea compușilor de calciu și de magneziu, care pot apărea în apa de cazan prin condensatul impurificat — carbonați, sulfați și silicați —, corespunde la temperaturi de ordinul 300° C, la 2.10^{-1} mval/l. Necesarul real de fosfat ca PO_4, pentru precipitarea Ca^{2+} și Mg^{2+} ca fosfați hidroxilapatita sau ca fosfați complecși este determinat de valoarea produsului de solubilitate al acestor compuși, în condițiile date. Acest necesar se situează la valori de ordinul 10^{-5} *ppm*, respectiv 10^{-7} *ppm* [3].

Limitînd concentrația de Ca^{2+} în apa de cazan cu două ordine de mărime sub aceea a valorii solubilității sale (ca la EdF), necesarul real de PO_4 va fi și el cu două ordine de mărime mai mic. În acest caz, regimul de dozare „fosfat foarte puțin" reprezintă un exces de cel puțin 10^7 față de necesarul teoretic.

Valorile-limită pentru adaosul de fosfat, astfel cum sînt fixate în diferitele reglementări ale regimului chimic al apei pentru cazane, sînt empirice și corespund experienței de exploatare la care — în condiții specifice — nu s-au constatat neajunsuri datorită interacțiunii cu metalul țevilor sau datorită depunerilor temporare ale ortofosfatului ca atare. Din felul de a proceda la EdF în această problemă rezultă preocuparea justificată ca, în momentul cînd fosfatul are ocazia de a reacționa chimic cu compușii de calciu și de magneziu — adică atunci cînd intră propriu-zis „în rol” — acțiunea sa să fie îngrădită cît mai mult, exploatarea oprind la nevoie grupul respectiv. Preocuparea este justificată, deoarece precipitatele formate nu se pot elimina din apa cazanelor moderne cu ajutorul purjelor. Ele participă la formarea de depuneri ireversibile pe pereții țevilor de cazan, în zonele de solicitare termică mare, ducînd la supraîncălziri locale, la degradarea peliculei protectoare și, în final, la distrugerea materialului, acțiune accelerată de prezența alcalinității caustice.

*

Într-o prezentare a concepțiilor legate de problematica conținutului de fosfat din apa cazanului, apărută relativ recent [4], este expus și un punct de vedere, bazat pe unele constatări mai vechi, care atribuie fosfatului un alt rol decît acela de a combate efectele durității din apă [5]. Această concepție, dezvoltată pe observații din exploatare asupra unor cazane pînă la 100 kgf/cm², se poate rezuma astfel : pentru a evita coroziunile chimice și coroziunile intercristaline, provocate de prezența hidroxidului de sodiu, trebuie menținută în apa din cazan o anumită concentrație de fosfat trisodic, de sulfat de sodiu și de clorură de sodiu. Datorită solubilității lor mici, la temperaturi de 300° C și mai mari, sulfatul de sodiu și fosfatul trisodic precipită pe suprafața metalului țevilor, apărîndu-l astfel de agresivitatea alcalinității caustice. Chiar fisurile intercristaline existente sînt „vindecate”, cele două substanțe amintite depunîndu-se ca un strat protector, cristalin, peste acestea. În acest scop trebuie menținută în apa de cazan următoarea relație de concentrații :

$$\text{mgNaOH} \leqslant 0{,}84 \cdot \text{PO}_4^{3-} + \frac{\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{NaCl} + \text{Na}_3\text{PO}_4}{5}$$

Prezintă interes compararea valorilor pentru alcalinitatea *p*, obținute cu ajutorul acestei relații, cu acelea prevăzute în reglementările regimului chimic al apei de cazan discutat mai înainte. În acest scop ne vom servi de datele din figurile 1, 2, și 3.

Schema calculului efectuat poate fi exemplificată astfel :

Conform STAS 20018-69, pentru apa de cazan, la 40 kgf/cm² se prescrie :

Alcalinitate *p*	max. 7,5 mval/l
Salinitate	max. 4000 μS cm^{-1}
Fosfat, ca PO_4	max. 4 mg/l

Pentru exprimarea salinității în mg/l, se consideră că :

1 mg Na_2SO_4 corespunde la o conductivitate de 1,85 μS cm^{-1}

1 mg NaCl corespunde la o conductivitate de 2,1 μS cm^{-1}

1 mg Na_3PO_4 corespunde la o conductivitate de 1,8 μS cm^{-1}

Fără a comite o eroare semnificativă, se poate admite că, în general, salinitatea apei de cazan este constituită în cea mai mare parte din NaCl și Na_2SO_4. De regulă predomină NaCl, și prin urmare 1 mg de salinitate va corespunde la o conductivitate de 2 μS cm^{-1}. În acest caz :

4 mg PO_4/l corespund la 6,9 mg Na_3PO_4 și la 12 μS cm^{-1}.

Cei $4000 - 12 = 3988$ μS cm^{-1} reprezintă :

$$\frac{3988}{2} = 1994 \text{ mg săruri la litru de apă.}$$

Relația menționată devine :

$$\text{mg NaOH} = \text{max. } 0{,}84 \times 4 + \frac{1994 + 6{,}9}{5} = \\ = \text{max. } 403{,}6.$$

Alcalinitatea *p* corespunzătoare acestei valori este : $\frac{403{,}6}{40} = 10$; ea este cu 33 % mai mare decît aceea prevăzută în STAS. Aportul fosfatului trisodic ca valoare, la această alcalinitate caustică, este de :

$$0{,}84 \times 4 + \frac{6{,}9}{5} = 4{,}75 \text{ mg},$$

ceea ce reprezintă, față de 403,6 mg, numai 1,2%.

Procedînd în același mod pentru toate categoriile de presiune și pentru reglementările amintite, s-a întocmit tabelul 1. Din datele acestuia rezultă că între valorile alcalinității *p*, calculate conform relației propuse, și acelea prevăzute în diferitele reglementări nu există nici un raport logic ; diferențele care se constată variază astfel :

— față de STAS de la −67% la +160%
— față de ČSN de la +170% la +240%, respectiv de la +80 % la +100%
— față de VGB de la +113% la +280%

O singură valoare, cea față de STAS pentru 125 kgf/cm², coincide, dar acest lucru este doar întîmplător.

Respectînd relația, ar urma să fie tolerate în apa de cazan alcalinități caustice diferite și în genere mai mari decît cele prevăzute de diferitele reglementări. O fundamentare teoretică a acestei concluzii nu este dată ; în cazul de față este vorba de o experiență de exploatare care se consideră a putea fi generalizată.

Ponderea pe care o are fosfatul trisodic în valoarea calculată a alcalinității caustice, admi-

Tabelul 1

Comparaţia dintre valorile *p* calculate şi cele prevăzute în unele reglementări

Presiunea, kgf/cm²	STAS		ČSN				VGB	
	prescris	calculat	cărbuni		păcură, gaze		prescris	calculat
			prescris	calculat	prescris	calculat		
40	7,5	10	2	5,4	2	2,8	6	12,8
64	3	5,1	1	2,8	0,5	0,9	3	6,75
80							1	3,8
100	1	2,6	0,3	0,85	0,1	0,2		
125	0,3	0,3					0,3	0,71
140	0,3	0,1	0,1	0,34	0,1	0,2		
160							0,1	0,21

sibilă conform relaţiei, este următoarea în cazul prevederilor stabilite în STAS :

— pentru 40 kgf/cm²	1,2%
— între 64 şi 100 kgf/cm²	2,3%
— pentru 125 kgf/cm²	20%
— pentru 125 kgf/cm²	31%

Faţă de celelalte prevederi, această variaţie a ponderii fosfatului este similară. După cum se vede ea creşte brusc în domeniul presiunilor ridicate ; însă conţinutul de fosfat al apei de cazan, prescris sau tolerat, este, cum s-a mai precizat, o valoare empirică, care variază mult de la o reglementare la alta (fig. 3).

Ar rezulta deci, prin aplicarea relaţiei amintite, următoarea situaţie necorespunzătoare : un indice de calitate important, cum este alcalinitatea *p* — esenţial chiar în domeniul presiunilor ridicate — să fie condiţionat în mare parte de către un indice de calitate stabilit empiric, controversat şi chiar contestat, cum este conţinutul de fosfat din apa de cazan.

Existenţa unei reţele de magnetită, continuă, aderentă şi fără defecte este o necesitate imperioasă pentru exploatarea cazanelor de abur. În locurile unde ea a fost distrusă prin coroziunile intercristaline apărute, se formează, conform concepţiei amintite [5], o reţea cristalină, eterochimică ; aceasta este constituită însă din compuşi chimici solubili în apă, care se pot redizolva în anumite împrejurări, zonele respective rămînînd din nou expuse coroziunilor.

Solubilitatea substanţelor care participă, conform relaţiei amintite, la determinarea alcalinităţii caustice a apei de cazan, corespunde, pentru temperaturi de la 200° C în sus, la următoarele valori :

— pentru NaCl şi Na_2SO_4, la 10^2 g/l
— pentru Na_3PO_4, pînă la 240°C, la 10^2 g/l ; de la 240°C la circa 300°C, la 10^1 g/l peste această temperatură la g/l.

Scăderea solubilităţii este accentuată abia la temperaturi ale apei corespunzînd unei presiuni de peste 140 kgf/cm².

Valorile admisibile pentru aceste substanţe, în conformitate cu reglementările în vigoare, sînt :

— pentru NaCl şi Na_2SO_4, pînă la presiuni de 40 kgf/cm², de ordinul g/l ; pentru presiuni mai ridicate, de ordinul 10^{-1} g/l ; la presiuni de 125 kgf/cm² şi mai mari, de ordinul 10^{-2} g/l ;
— pentru Na_3PO_4, valorile sînt, la toate presiunile de serviciu, de ordinul 10^{-3} g/l ; unele recomandări admit, pentru cazane de presiune mijlocie, sau pentru cele funcţionînd pe cărbuni, valori de 10^{-2} g/l.

În domeniul presiunilor ridicate, concentraţia locală de NaCl şi Na_2SO_4 pentru provocarea, în mod deliberat, de precipitări cristaline, reprezintă de 10^4 ori valoarea admisă prin reglementări ; în cazul fosfatului, ea este de ordinul 10^3. Asemenea concentraţii mari locale pot avea urmări nedorite.

Alcalinitatea *p* a apei din cazanele de presiune ridicată trebuie să se datoreze — dacă se poate în mod exclusiv — alcaliilor volatile dozate în apa din circuitul termic. Prezenţa alcaliilor solide trebuie evitată pe cît se poate, în orice caz trebuie limitată la valorile admise de STAS 20018-69. Deficienţe tehnice ale tratării apei sau concepţii privind regimul chimic al apei bazate pe generalizarea unor experienţe de exploatare şi pe considerente economice — cum ar fi menţinerea unor rapoarte determinate de substanţe solubile în apa de cazan — nu au implicaţii prea serioase în cazul cazanelor avînd valori reduse de transfer specific de căldură. În cazul cazanelor de presiune ridicată şi de productivitate înaltă, lipsuri ale regimului chimic al apei nu pot fi corectate prin dozări de substanţe sau prin menţinerea de rapoarte de concentraţie între substanţele dizolvate în apă.

La cazanele moderne, de presiune înaltă, regimul chimic al apei trebuie să fie astfel conceput şi realizat încît să corespundă, în mod permanent, tuturor cerinţelor impuse de condiţiile de exploatare. Tehnica pune la dispoziţie posibilităţile de a satisface această condiţie ; soluţia corectă din punct de vedere tehnic este totodată şi soluţia economică.

*

În conformitate cu [6], se recomandă a se menţine în apa de cazan un anumit exces de fosfat pentru a combate formarea de depuneri silicatice. Măsura este indicată pentru cazul în care nu există în exploatare o instalaţie de desiliciere pentru condensatele recuperate, care sînt impurificate de către silice.

Excesul de fosfat, în raport cu conţinutul de silice din apa de cazan, trebuie să corespundă următoarelor relaţii :

— pînă la conţinuturi de 8 mg SiO_2/l, cîte 1 mg PO_4 pentru fiecare 0,8 mg silice ;

Tabelul 2

Compararea valorilor pentru fosfat prescrise de diferite reglementări cu acelea calculate conform relației

Presiunea, kgf/cm²	STAS			ČSN						VGB		
	prescris		PO_4 calculat	cărbuni			păcură, gaze			prescris		PO_4 calculat
				prescris		PO_4 calculat	prescris		PO_4 calculat			
	SiO_2	PO_4		SiO_2	PO_4		SiO_2	PO_4		SiO_2	PO_4	
40	50	4	22	40	16	17,6	36	13	16	48	13	21
64	10	4	4,4	9	16	4	9	6,7	4	10	13	4,4
80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	4	5
100	3	2	4	4,5	16	5,6	4,5	4	5,6	—	—	—
125	1	2	1,2	—	—	—	—	—	—	1,2	4	1,5
140	1	1	1,2	0,8	4	1	0,8	4	1	—	—	—
160	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,4	4	0,5

— la conținuturi de 40 la 80 mg SiO_2/l, cîte 0,3 la 0,4 mg PO_4 pentru fiecare 0,8 mg silice. Aceste relații se mențin în mod continuu și se aplică tuturor categoriilor de cazane (deci și acelora de presiune înaltă).

Comparînd valorile pentru fosfat din apa de cazan impuse de diferite reglementări cu valorile, în mg/l, calculate conform relației de mai sus, se obține situația prezentată în tabelul 2. Se constată în această privință o neconcordanță cu aspect neregulat; ea se datorește faptului că, în vreme ce conținutul admisibil de silice din apa de cazan este un indice de calitate fundamentat teoretic, excesul de fosfat prescris este un indice empiric.

Valorile recomandate de relația amintită, în vederea evitării depunerilor silicatice, au și ele un caracter empiric și, ca mărime, diferă de cele stabilite în reglementări. În acest caz, care ar putea fi, pentru exploatare, criteriul de alegere? Căci, de regulă, în condensatele recuperate, impurificate, pe lîngă silice vor fi prezenți și compuși de calciu și de magneziu, generatori de depuneri.

În conformitate însă cu fundamentarea teoretică, stabilită în [3], pentru evitarea depunerilor carbonatice este nevoie de aceeași cantitate de fosfat ca și pentru evitarea depunerilor silicatice. Chiar în domeniul presiunilor de serviciu mijlocii, aceste cantități sînt infim de mici. În cazul cazanelor de presiune ridicată este contraindicat să se mărească salinitatea apei de cazan și să se dozeze alcalii solide (din care face parte și ortofosfatul de sodiu).

Prin fenomenul de hide-out, ortofosfatul poate reacționa cu metalul țevilor fierbătoare, formînd fosfat feros și eliberînd hidroxid de sodiu și hidrogen. La variații de sarcină și la scăderea presiunii cazanului, fosfatul feros depus reintră în soluție; prin hidroliză el dă naștere la $Fe(OH)_2$ care, în final, trece în Fe_3O_4, fără însă a poseda proprietăți protectoare, constituind doar o depunere ce frînează transferul de căldură. Probabilitatea acestor procese nu poate fi negată și reprezintă un argument în plus împotriva folosirii fosfatului.

În cazul impurificării cronice cu silice a condensatului recuperat, folosit la alimentarea cazanelor de presiune înaltă, singura soluție tehnică este desilicierea.

Concluzii

Reglementările regimului chimic al apei din cazane prezintă diferențe — uneori apreciabile — ale valorilor-limită admise pentru indicii principali de calitate.

Neconcordanțele sînt datorate mai puțin unor divergențe în fundamentarea teoretică a fenomenelor respective, cît mai ales generalizării unor experiențe de exploatare, efectuate în condiții specifice, și considerentelor economice. Acestea din urmă par a prima, uneori, asupra considerentelor tehnice, deoarece împletirea dintre ele are și ea un aspect specific care nu se pretează la generalizare.

Aceste neconcordanțe între reglementările dintr-un domeniu atît de important constituie o situație necorespunzătoare, care poate frîna la un moment dat promovarea unor concepții și metode noi.

Structura reglementărilor regimului chimic al apei trebuie făcută pe baza unor fundamentări teoretice, care să permită precizarea unor *limite admisibile* pentru indicii de calitate. Aici vor intra și considerentele legate de posibilitățile metodelor analitice.

Urmează stabilirea unor *valori tolerate* — actualizate de cîte ori apare nevoia — și determinate de factori specifici: gradul de tehnicitate al instalațiilor și al exploatării, experiența exploatării, considerente economice etc. Aceste valori, cu caracter pragmatic, nu vor fi impuse rigid; fiecare exploatare va avea latitudinea de a stabili, în cadrul conturat teoretic și practic, regimul chimic al apei cel mai convenabil, în perioade și în condiții date.

În privința limitelor admisibile ale indicilor de calitate va exista astfel o unanimitate de vederi, căci aceste valori vor figura în reglementări în momentul cînd fundamentarea lor teoretică este general admisă. Valorile tolerate nscrise în diferitele reglementări se pretează la analiză şi comparare, cunoaşterea condiţiilor specifice care le-au condiţionat fiind primordială. Criterii statistice aplicate pentru o eventuală preluare a unora din aceste valori în alte exploatări nu sînt justificate.

Întrepătrunderea generală a criteriilor tehnice şi economice în structurarea actuală a reglementărilor regimului chimic al apei şi nediferenţierea dintre specific şi general sînt o sursă permanentă de imprecizuni. Neglijarea aspectului teoretic în elaborarea unor metode de procedare, cu scopul de a evita neajunsuri în exploatare determinate de deficienţe ale regimului chimic al apei, complică încă această situaţie.

Bibliografie

[1] Stanisavlievici, L. *Problema conţinutului de fosfat în apa de cazan.* Buletin ISCIR, nr. 3, 1970.

[2] * * * Electricité de France. *Caractéristiques recherchées pour l'eau d'alimentation et l'eau de chaudière.* Paris, 1968.

[3] Stanisavlievici, L. *Probleme actuale ale tratării apei şi aburului în instalaţiile termoenergetice.* Editura tehnică, Bucureşti, 1969.

[4] Held, H. D. *Problematik des Phosphatgehaltes im Kesselwasser.* Technische Uberwachung, Bd. 10, 1969, nr. 7.

[5] Mankina, N. N. şi Cernova, L. A. *Condiţii de asigurare a regimurilor de săruri fosfatice sau pur fosfatice ale apei de cazan, printr-o fosfatare redusă a acesteia.* Traducere din Teploenerghetika, 14, nr. 9, 1967.

[6] Alkozin, P. A. ş.a. *Problema prescripţiilor de calitate pentru apa în centralele termice.* Traducere din Teploenerghetika, 11, nr. 4, 1964.

(Articol intrat în redacţie la 16 iulie 1971)

Tehnici şi tehnologii practicate în protecţiile anticorosive peliculare

Ing. **Cristina Popescu-Ghimpaţi***)

Generalităţi

Ansamblurile termoenergetice necesită o protecţie anticorosivă exterioară atît pentru prevenirea coroziunii metalului de construcţie, cît şi pentru obţinerea unui aspect plăcut al centralei.

Protecţiile peliculare nu sînt dintre cele mai rezistente faţă de agenţii agresivi prezenţi în atmosfera regiunilor industriale. Frînarea pătrunderii gazelor nocive sau a electroliţilor formaţi, către stratul-suport, trebuie să fie astfel reglată cu ajutorul sistemului de protecţie adoptat, încît natura produsului de acoperire şi numărul de straturi să permită realizarea unor limite de permeabilitate compatibile cu protecţia cerută.

O acoperire anticorosivă este alcătuită în general din mai multe straturi de pelicule, a căror natură este strîns legată de condiţiile de exploatare. Acoperirea trebuie să fie impermeabilă faţă de agenţii atmosferici, la gaze, îndeosebi la oxigen şi la apă sub toate stările ei de agregare. Aderenţa acoperirii faţă de stratul-suport trebuie să fie foarte bună [4].

O acoperire corectă este în general alcătuită din trei straturi, şi anume : un strat primar, unul intermediar şi unul de finisare, fiecare alcătuit la rîndul lui din două sau mai multe substraturi, în funcţie de agresivitatea mediului şi de posibilitatea de acces, în zona respectivă, pentru control şi reparaţii.

Stratul intermediar şi cel de finisare joacă în protecţie un rol de barieră izolatoare faţă de mediu pentru stratul primar. De asemenea, unele straturi intermediare şi de finisare au şi un rol de tampon faţă de orice acţiune fizico-mecanică din exterior.

Grosimea protecţiilor peliculare este destul de variată, fiind cuprinsă între 200 şi 350 microni.

Proprietăţile impuse produselor peliculare folosite în acoperirile anticorosive sînt, în general, următoarele :

— aderenţă excelentă pe suprafeţele metalice pregătite în prealabil ;

---

*) Cristina Popescu-Ghimpaţi este inginer la ISPE.

— capacitate bună de acoperire;

— impermeabilitate la apă, gaze (oxigen, anhidridă sulfuroasă și sulfurică, hidrogen sulfurat);

— viscozitate redusă, putînd fi aplicate cu pistolul, cu un aparat manual sau automat. Tixotropia vopselelor pentru sistemul de aplicare nu este un inconvenient în sine, putînd fi remediată prin agitare și încălzire. În numeroase cazuri tixotropia prezintă chiar un avantaj în aplicarea vopselelor pe plan vertical;

— conservare cît mai îndelungată;

— lipsă de toxicitate;

— rezistență la abraziune, șoc, zgîriere;

— suplețe și elasticitate;

— rezistență la schimbări de temperatură;

— să fie neinflamabile, sau cel puțin să nu propage flacăra;

— uscare rapidă și pe cît posibil la rece;

— preț de cost scăzut.

Prin modul ușor de realizare, prin efectul remarcabil de protejare și prin economicitatea ei, protecția prin vopsire asigură protejarea metalului pe perioade de zeci de ani. Se impune în același timp să fie coordonată soluția de protecție cu următorii factori:

— proiectarea competentă a construcției;

— tratarea preliminară atentă a suportului;

— alegerea unor produse de vopsitorie bine experimentate;

— pregătirea corectă a materialului înainte de aplicare;

— atingerea grosimii straturilor fără modificarea elasticității și a aderenței față de suport;

— controlul lucrărilor de vopsitorie să fie făcut de către un specialist.

Formarea ruginii

Metalul feros, obținut din prelucrarea minereurilor de fier, are tendința de a trece într-o formă mai săracă în energie, denumită în mod curent rugină, la contactul cu vaporii de apă și cu oxigenul prezent în mediul ambiant. Cercetarea microscopică a diferitelor eșantioane expuse influenței atmosferei prezintă de obicei puncte de rugină, neuniform repartizată și cu aspect filiform, în cazul atmosferelor uscate [5].

Vopsirea fierului ruginit

În practică se întîmplă de multe ori ca, în operațiile de finisare, vopselele să fie aplicate fără îndepărtarea ruginii prin sablare sau cu alice de oțel. Se pune întrebarea: ce materiale ar putea fi aplicate pe astfel de suprafețe în cazul finisajelor executate cu rol de protejare?

Practica a demonstrat că singurele produse ce pot fi aplicate ar fi cele pe bază de ulei, care totuși nu pot fi considerate ca materiale de protecție anticorosivă. Produsele de miniu de plumb pe bază de ulei pot fi folosite în protecțiile anticorosive ca prim strat cu rol de grund, fiind superioare produselor de transformare și stabilizare a ruginii.

Tratarea suportului

O condiție esențială pentru asigurarea aderenței stratului protector este tratarea preliminară atentă a suprafeței; ea asigură acțiunea protectoare a materialului de aplicare folosit. Cele mai importante metode de îndepărtare a ruginii de pe suprafețele metalice sînt:

— sablarea, sau prelucrarea cu alice;

— prelucrarea cu flacără;

— îndepărtarea manuală a ruginii.

1. Operația de curățire se face pînă la metal alb. Granulația materialului aplicat sub formă de jet va fi între 0,5 și 1,2 mm pentru nisipul de cuarț și sub 0,4 mm pentru granulele de oțel. Adîncimea medie a rugozității obținută pe fețele prelucrate nu trebuie să depășească 50 μ.

2. Prelucrarea stratului-suport se execută cu ajutorul unei flăcări oxiacetilenice, produsă de un arzător special. Stratul de oxizi proveniți de la laminare va fi îndepărtat cu multă grijă, deoarece mai tîrziu poate duce la desprinderi, datorită unui coeficient de dilatare diferit de cel al metalului de bază. Operația va fi executată de un personal bine pregătit, care să cunoască reglarea precisă a arzătorului.

3. Îndepărtarea manuală a ruginii, cu ajutorul răzuitorului, șpaclului, periei de sîrmă, periei rotative etc., se aplică numai în cazuri extreme, cînd celelalte procedee nu pot fi utilizate datorită posibilităților insuficiente de pe șantier. Prin operațiile manuale, rugina nu poate fi îndepărtată în întregime, iar sistemul de vopsire va avea o durabilitate redusă [3], [8].

Rolul compușilor chimici în compoziția grundurilor

Grundurile folosite în realizarea protecției anticorosive conțin pigmenți metalici activi, care conferă fierului o protecție electromecanică față de coroziune în faza ei incipientă. Cei mai importanți pigmenți folosiți în vopsitorie sînt:

— *Miniul de plumb*, cel mai vechi pigment anticorosiv folosit pentru vopsirea fierului, caracterizat printr-un grad ridicat de dispersie, datorită fineței de măcinare, ajungînd la dimensiuni de particule între 0,3 și 0,6 μ. Avantajele acestui grund sînt:

— randament ridicat la aplicare;

— capacitate bună de acoperire;

— sedimentare mică prin ședere;

— formare de săpun insolubil de plumb.

Sînt însă de semnalat şi următoarele dezavantaje:

— fenomene de gonflare în prezenţa apei;

— proprietăţi mecanice reduse;

— este combustibil.

În funcţie de liantul folosit, uscarea se poate regla între lent şi rapid. Miniurile anticorosive pot fi pregătite cu lianţi pe bază de ulei, răşină cu ftalaţi, clorcauciuc, răşină epoxidică, uretanică etc.

— Grundurile pe bază de *cromat de zinc* şi oxid roşu de fier; se utilizează în mare măsură pentru piesele metalice asamblate prin sudură pe şantier.

— Umplutura de *zinc metalic*; acţionează ca protecţie catodică prin autoconsumare. Protecţia oferită de aceste grunduri este eficace atît timp cît zincul se află în contact direct cu suportul protejat şi în raport de peste 90% faţă de liant.

— Grundurile pe *bază de aluminiu*; se aplică în straturi destul de groase, pentru a conferi o etanşeitate fizico-chimică.

Acţiunea pigmenţilor metalici se datorează posibilităţilor acestora de a forma în timp produşi de descompunere cu proprietăţi anticorosive, uniform repartizaţi şi aderenţi pe suprafaţa metalului protejat.

Aplicarea primului strat de grund se face cu pensula pentru o mai bună urmărire a acoperirii, a adînciturilor şi a neregularităţilor de pe suprafaţa metalului.

Peste grunduri, după uscarea acestora, se aplică o vopsea şi un email anticorosiv [1], [7].

Vopselele de acoperire

Vopselele de acoperire trebuie să îndeplinească două funcţii: să ecraneze grundurile contra influenţelor exterioare şi să confere utilajului un aspect mai plăcut. Rezistenţa faţă de influenţele din exterior este determinată de natura liantului şi de natura pigmenţilor.

Ca lianţi se utilizează, pentru solicitări normale la intemperii, uleiurile sicative şi răşinile cu ftalaţi. Datorită impurificării tot mai intense a atmosferei în zona centralelor electrice cu bioxid de sulf, bioxid de carbon şi alţi agenţi agresivi proveniţi de la industriile învecinate, lianţii obişnuiţi nu mai pot face faţă. Aceştia au fost înlocuiţi cu lianţi pe bază de clorcauciuc, copolimeri vinilici, iar în zonele cu atmosfera puternic poluată, cu răşini epoxidice şi poliuretanice.

Vopselele cu praf de zinc se utilizează în cazurile în care se cere o uscare rapidă, o bună rezistenţă sub apă, o rezistenţă mecanică mare şi posibilitatea sudării. La aplicare se va ţine seama de pregătirea suportului şi de îndepărtarea sulfaţilor hidrataţi, a carbonaţilor de zinc şi a hidroxizilor, în cazul acoperirilor peste straturi de vopsele de zinc existente, care au stat în contact cu atmosfera cîteva luni.

Procedee de aplicare

Aplicarea vopselelor de protecţie poate fi făcută după procedee fie manuale, fie automate.

Aplicarea cu peria sau cu pensula. Sistemul este adecvat pentru elementele de construcţie de dimensiuni mici şi la lucrări de reparaţie. Grosimea medie a unui strat variază între 30 şi 80 μ. Viscozitatea vopselei nu trebuie să depăşească 50 s cu cupa Ford 4. Orice tip de vopsea poate fi aplicată cu pensula.

În cazul folosirii unor produse cu o viscozitate foarte mare, de consistenţa mortarelor şi a pastelor, aplicarea se face cu ajutorul *spatulelor metalice*. Metoda este practicată pentru corectarea denivelărilor, a asperităţilor date de sudură sau la îmbinări.

Procedeele de *aplicare cu pistolul* sînt:

— Pneumatic (manual sau automat), prin proiectarea materialului cu ajutorul aerului sub presiune. Materialul de protecţie este introdus în pistol prin sucţiune (la pistolul manual) sau gravitaţional, spre a putea folosi o gamă variată de viscozităţi.

În aplicarea automată se foloseşte şi sistemul cu mai multe pistoale cu cursă rectilinie sau circulară, cu un dispozitiv de delimitare a sferei de acţiune a acestora, la contururi exacte ale suprafeţelor. Aceste maşini sînt de obicei însoţite de tuneluri de uscare, a căror temperatură poate atinge 200° C.

Aplicarea cu pistolul nu limitează tipurile de vopsea, viscozitatea acestora putînd fi reglată cu ajutorul diluanţilor recomandaţi de fabrica producătoare.

Grosimea mijlocie a unui strat este cuprinsă între 10 şi 50 μ, ceea ce permite aplicarea grundului într-un strat foarte subţire.

— Aplicarea vopselei cu pistolul, fără ajutorul aerului, cunoscută sub denumirea „airless". Procedeul este bazat pe proiectarea pe suprafaţa suportului, datorită expansiunii vopselei, care a fost mai întîi puternic comprimată cu ajutorul unei pompe. Aerul comprimat nu intervine decît la funcţionarea pompei. Acest procedeu permite folosirea produselor cu o viscozitate ridicată (40 s—4 min, cu cupa Ford 4). Sistemul suprimă împrăştierea vopselei în zona de aplicare, este rapid şi poate fi aplicat pe suprafeţe întinse; grosimea stratului obţinut este în funcţie de natura materialului folosit şi de reglajul aparatului, putînd să varieze între 20 şi 100 μ [8].

— Metoda electrostatică de aplicare cu pistolul se bazează pe transportarea de particule de vopsea electrizată, într-un cîmp electrostatic, către suportul metalic care urmează să fie protejat. Procedeul, denumit „SAMES", poate realiza grosimi de straturi între 10 şi 30 μ, fiind şi economic, prin suprimarea pierderii de material prin pulverizare.

— De asemenea, se foloseşte procedeul mixt electrostatic/pneumatic.

Printre aparatele de aplicare se poate enumera pistolul injector, utilizat pentru proiectarea pudrelor plastice în stare topită pe un suport, care la rîndul lui a fost mai întîi încălzit. Acest mod de aplicare se utilizează pentru acoperirea cu nailon, polietilenă de înaltă presiune, acetobutirat de celuloză şi răşini epoxidice [2]. Este folosit în special pentru protecţia tuburilor, grilajelor, pieselor cu formă complicată. Pierderile de material sînt neglijabile, vopseaua fiind dirijată către suport, urmărind liniile de forţă ale cîmpului.

Aplicarea prin imersie se execută în mai multe moduri:

— imersare lentă, în produse vîscoase, permiţînd acoperiri suficient de groase într-un singur strat, aplicate îndeosebi pe piesele de dimensiuni mici, ca: ventile, garnituri, inele etc.;

— imersare rapidă, pentru piesele de serie;

— electroforeză (aplicarea particulelor de vopsea în stare apoasă prin electrodepunere);

— vopseaua este adusă în stare de pudră fluidă cu ajutorul unui curent de aer ascendent; piesele metalice încălzite sînt introduse cîteva minute în baie; depunerea este foarte aderentă iar pierderea de material este neglijabilă; grosimea variază între 50 şi 200 μ. În acest mod pot fi aplicate vopselele gliceroftalice, poliuretanice, celulozice şi epoxidice.

Mai trebuie amintită şi *vopsirea în strat gros*, care realizează, printr-o singură operaţie, o depunere de 80 pînă la 100 μ, faţă de 40—50 μ cît se obţine printr-o vopsire obişnuită. Prelucrarea vopselelor pentru straturi groase necesită o atenţie sporită, impusă de tehnologie. Asemenea materiale se folosesc îndeosebi la vopsirea stîlpilor de linii electrice, impusă de scurtarea timpului de întrerupere în funcţionare.

Protejarea suprafeţelor supuse fricţiunii

Protecţia anticorosivă a îmbinărilor înşurubate nu se poate face cu ajutorul vopselelor clasice. Singura vopsea care a dat rezultate este cea pe bază de silicat de zinc, aplicată în grosime de aproximativ 40 μ, la care coeficientul minim de fricţiune cerut, de 0,45 μ, este depăşit pînă la circa 20% [8].

Vopsiri rezistente la temperaturi ridicate

Materialele de protecţie au în general o rezistenţă slabă la temperatură. Răşinile se pot clasifica în răşini care pot fi folosite pînă la temperaturi de 80—90° C şi răşini care rezistă solicitărilor fizico-chimice la temperaturi mai ridicate. Procedeele pe bază de răşini cu ftalaţi şi răşini epoxidice prezintă rezistenţă pînă la 110° C; cele pe bază de lianţi modificaţi cu siliconi se comportă satisfăcător pînă la temperaturi de 200° C. În cazul acestora din urmă, temperatura de lucru poate atinge 500° C prin folosirea umpluturilor refractare de aluminiu.

Vopsiri executate în fabrică: grunduirea sudabilă

Cheltuielile mari, necesare pregătirii şi aplicării protecţiilor peliculare sînt în general în raport de 4 : 1 faţă de costurile materialelor de protecţie. Acest raport obligă la urmărirea raţionalizării operaţiilor de aplicare. În multe cazuri, acest deziderat impune renunţarea la vechiul sistem de lucru, de a proteja anticorosiv instalaţiile după asamblare. În prezent se obişnuieşte ca prima vopsire, numită şi vopsirea de fabricaţie, să se facă în fabrică, părţile astfel protejate fiind supuse apoi pe şantier operaţiilor de sudură, găurire şi tăiere. Acestei vopsiri i se impun următoarele condiţii:

— să permită aplicarea vopselei prin stropire;

— să aibă o uscare rapidă;

— rezistenţă mecanică;

— să nu degajeze substanţe toxice la sudură;

— să fie pe cît posibil incombustibilă;

— să nu influenţeze calitatea cusăturii de sudură;

— să permită reparaţii ulterioare;

— să fie compatibilă cu vopseaua de finisare ce va fi aplicată pe şantier după asamblare.

Experienţa a arătat că atît lianţii cît şi pigmenţii din vopselele anticorosive pot să influenţeze puternic calitatea sudurilor prin favorizarea apariţiei de pori, care conduc la fenomenele de oboseală.

Prin prelucrările efectuate pe şantier, vopselele de fabricaţie sînt degradate în zonele de acţiune. În timpul sudurii au loc dilatări şi contractări consecutive, care produc fisurarea stratului de protecţie. Se recomandă aplicarea unui strat de grund suplimentar pe cordoanele de sudură şi în zonele din apropiere, după ce acestea au fost bine curăţate de reziduurile rămase după sudură.

Retuşarea zonelor degradate prin prelucrare, în cazul acoperirilor de zinc

Prin prelucrările făcute pe şantier, tablele zincate pot suferi degradări importante, care pot compromite rezistenţa lor la coroziune [6]. Se consideră degradare neglijabilă în cazul în care zona afectată nu depăşeşte 1/100 din suprafaţa totală. De asemenea, punctele sudate nu conduc în mod obligatoriu la coroziune dacă zona respectivă este protejată suplimentar. Coroziunea bucăţilor de tolă, pe muchiile tăiate, va fi neglijabilă dacă aceste muchii sînt vopsite cu multă grijă, înainte de suprapunere, cu vopsele bogate în zinc. În cazul degradărilor importante, datorită sudărilor cu arc voltaic, tablele zincate vor fi acoperite cu un finisaj asemănător celui aplicat în cazul unui oţel moale nemetalizat.

Vopsirea părţilor de construcţie din metale neferoase

Utilizarea profilelor metalice şi a tablelor galvanizate s-a impus dintotdeauna în zonele cu caracter industrial. Părerea că suprafeţele galvanizate nu necesită o vopsire este greşită, deoarece s-a constatat că în zonele centralelor electrice se impune totuşi aplicarea unei protecţii peliculare. Pentru vopsirea fierului galvanizat, cele mai bune rezultate le-au dat grundurile cu plumbat de calciu şi oxid roşu de fier-cromat de zinc. Vopselele cu plumbat de calciu au o largă întrebuinţare în R.F. a Germaniei, la vopsirea stîlpilor galvanizaţi ai liniilor electrice.

În vederea obţinerii de finisaje decorative şi anticorosive în acelaşi timp, pot fi aplicate cu succes, prin stropire, copolimeri de vinil şi vopsele pe bază de răşini epoxidice. În general, o acoperire în două straturi de cîte 40—50 μ fiecare asigură o protecţie de durată.

Elementele de construcţie din aluminiu

Aluminiul, întrebuinţat în aceleaşi scopuri ca şi tabla zincată, este un metal cu o rezistenţă mare faţă de agenţii agresivi prezenţi în atmosfera termocentralelor. Folosirea lui pe o scară mai mare ar rezolva o serie de probleme legate de coroziune. În contact cu aerul umed, suprafaţa aluminiului se acoperă cu o eflorescenţă de oxihidrat neuniformă, poroasă şi fragilă. Contactul cu oţelul sau cu mortarele de var este total neindicat. Aluminiul oxidat, eloxat, este mai rezistent faţă de atmosferă decît cel neoxidat; totuşi, o acoperire peliculară protejează aluminiul mai bine decît eloxarea. Astfel, vopselele pe bază de răşină acrilică, PVC şi poliesteri s-au dovedit corespunzătoare în cazul profilelor şi tablelor din aluminiu.

Măsuri suplimentare

Aplicarea acoperirilor de protecţie anticorosive trebuie să fie făcută de specialişti sau de întreprinderi specializate. Punerea în operă a materialelor este strict legată de indicaţiile date de fabrica producătoare. Dacă materialul de protecţie este alcătuit din mai mulţi componenţi, nu este permisă modificarea proporţiilor indicate pentru obţinerea amestecurilor respective şi nici a timpului de priză hotărîtor în aplicare. Măsurile acestea au importanţă mai mare pentru produsele termoreactive în doi componenţi şi pentru produsele a căror întărire se produce pe bază de catalizatori şi acceleratori de priză.

Temperatura mediului şi umiditatea atmosferică influenţează de asemenea întărirea produselor care dau filme de polimerizare.

Soluţiile mixte, alcătuite din straturi de natură diferită, vor fi în prealabil experimentate pentru a se cunoaşte gradul de compatibilitate dintre ele. În acest mod pot fi soluţionate asocierile şi combinaţiile dintre răşini termoplastice şi termorigide, care ar conferi stratului de protecţie calităţi superioare atît din punct de vedere fizic cît şi chimic.

Echipele care execută acest gen de lucrări trebuie să cunoască tehnica şi tehnologia aplicării materialelor, precum şi instrucţiunile de protecţie a muncii şi paza contra incendiilor, majoritatea produselor fiind toxice şi inflamabile prin natura solvenţilor folosiţi.

Bibliografie

[1] Oeteren, K. A. *Protecţia anticorosivă a suprafeţelor construcţiilor metalice.* Maschinenmarkt (Elveţia), *67*, nr. 8, febr. 1967, p. 65.

[2] Reininger, H. *Acoperiri pulverulente.* Metalloberfläche (R.F.G.), *20*, nr. 7, ian. 1966, p. 261.

[3] Anderson, B. şi Ekwall, G. *Importanţa pregătirii suprafeţei pentru durabilitatea sistemului de vopsire anticorosivă.* Farbe-Lack 71, nr. 7, 1965, p. 534.

[4] * * * *Protecţia climatică. Tipurile de protecţie climatică* (STAS 6976-64, grupa V 26).

[5] * * * *Coroziunea metalelor, terminologie* (STAS 6976-64, grupa V 25).

[6] Kundreavţev, N. T. *Acoperirea electrolitică cu metale.* Coroziunea şi protecţia suprafeţelor, IDT, nr. 3, 1964, p. 161.

[7] Bagnulo, L. *Metode de protecţie a aparaturii chimice şi acoperirii cu materiale plastice.* Corrosion, Prevention, Control, 13, nr. 12, 1966, p. 14.

[8] de Mançay, S. *Folosirea materialelor plastice în protecţiile anticorosive ale elementelor de construcţii metalice.* Plastiques Bâtiment, 109, iunie 1967, p. 37.

(Articol intrat în redacţie la 7 aprilie 1971)

Comportarea rășinilor schimbătoare de ioni în prezența sulfurilor din apa brută care alimentează instalația de demineralizare

Chim. **M. Chirica***

Studierea comportării schimbătorilor de ioni din linia de demineralizare, în cazul prezenței sulfurilor în apa de tratat, a apărut dintr-o necesitate practică, și anume infectarea cu sulfuri a sursei de apă brută de la CET Pitești.

Sursa de apă pentru instalația de tratare de la CET Pitești o constituie puțurile de mică adîncime din zonele Argeș și Doamnei. Captarea apei subterane are loc de-a lungul rîurilor Argeș și Doamnei prin infiltrații de mal, iar aducțiunea la stația de pompare se realizează prin vid. Apa de puțuri este clorinată înainte de pompare în rețeaua potabilă a orașului Pitești și a zonei industriale Găvana.

În lunile octombrie și noiembrie 1968, la CET Pitești s-a semnalat existența compușilor cu sulf în apa de alimentare a cazanelor, care au produs dificultăți în exploatare prin formarea de depuneri pe țevile de ecran și supraîncălzitor. Analizele efectuate la apa din puțurile de adîncime din zona Mărăcineni (rîul Argeș și Doamnei) au pus în evidență prezența sulfurilor solubile și insolubile, ale căror valori variază mult de la un puț la altul, în limitele 2—30 mg/l, exprimate în hidrogen sulfurat.

În perioada februarie—martie 1969 au fost efectuate analize de către IRME pentru depistarea compușilor cu sulf, constatîndu-se următoarele :

— În apa care alimentează stația de tratare chimică, sulfurile nu erau prezente. Acest lucru a fost confirmat de rezultatele analizelor calitative prin metoda iodometrică, care este deosebit de sensibilă, chiar la sutimi de mg/l sulfuri, punînd în evidență prezența hidrogenului sulfurat.

— Probele recoltate de la baza puțurilor conțin precipitate de hidroxid feric și sulfuri. Determinările efectuate au arătat prezența sulfurilor insolubile, în special a sulfurii de fier.

Cu privire la apariția sulfurilor în apa puțurilor există mai multe posibilități :

a) Prezența în apă a unor bacterii sulfuroase care transformă sulfații în sulfuri. Analizele bacteriologice făcute la Institutul de igienă din Pitești au arătat că apa conține din abundență bacterii feruginoase și au pus în evidență unele microorganisme — metopus — care pot exista numai în prezența sulfurilor. Deci nu există în apa puțurilor bacterii sulfuroase generatoare de sulfuri.

b) Impurificarea accidentală cu sulfuri a rîurilor Argeș și Doamnei și apoi infiltrarea acestora în pînza freatică a puțurilor, sulfurile avînd un coeficient de migrare ridicat în solurile reducătoare.

c) Existența unor izvoare sulfuroase cu debit foarte mic care alimentează pînza freatică.

Din cele expuse se consideră că apariția compușilor cu sulf (sulfuri) în apa puțurilor s-a datorat impurificării accidentale.

Cu toate că normele Comitetului de Stat al Apelor cu privire la poluarea apelor de adîncime și de suprafață sînt stricte, se constată totuși că există pericolul infectării apei potabile și industriale cu sulfuri. În această situație se pun următoarele întrebări :

— sulfurile din apă sînt eliminate prin trecerea lor peste schimbătorii de ioni din instalația de demineralizare ?

— ce acțiune au sulfurile asupra schimbătorilor de ioni din instalația de demineralizare ?

În literatura de specialitate nu se găsesc date referitoare la comportarea schimbătorilor de ioni în prezența sulfurilor din apă. Rezolvarea acestei probleme noi a impus efectuarea unor experimentări complexe de laborator.

Îndepărtarea sulfurilor din apă prin trecerea lor peste schimbători de ioni

În apa brută pot exista sulfuri solubile : K_2S, Na_2S, $(NH_4)_2S$ și sulfuri insolubile sau greu solubile : CaS, MgS, FeS.

Sulfurile solubile sînt instabile, dau apei un caracter alcalin și se pot înlătura din apă prin aerare :

$$Na_2S + 2H_2O \rightleftarrows 2\,NaOH + H_2S\uparrow$$

Gradul de stabilitate a sulfurilor depinde de mărimea suprafeței de contact a apei cu atmosfera și de compoziția ionică a apei brute. Apa de puț, extrasă prin vidare și folosită direct ca apă de alimentare a instalației de demineralizare, își păstrează conținutul de sulfuri aproape nemodificat.

Dacă apa ce se tratează în instalația de demineralizare este din rețeaua orașului clorinată, sau dacă la pretratarea apei se folosește clor activ, atunci conținutul de sulfuri se reduce simțitor.

Îndepărtarea sulfurilor din apă prin trecerea lor peste schimbătorii de ioni s-a experimentat în laborator pe montajul din figura 1.

Au fost folosite următoarele rășini :

— Allassion CC — rășină slab acidă ;
— IMAC C 12 — rășină puternic acidă ;
— IMAC A 27 — rășină slab bazică ;
— IMAC S 5—40 — rășină puternic bazică.

---

*) Mihai Chirica este chimist la IRME, serviciul Raționalizări chimice.

În instalația de laborator s-a lucrat cu o apă avînd următoarea compoziție ionică:

$Ca^{2+} = 2{,}7$ mval/l	$Cl^{-} = 2{,}2$ mval/l
$Mg^{2+} = 0{,}8$ mval/l	$SO_4^{2-} = 1{,}8$ mval/l
$Na^{+} = 2{,}3$ mval/l	$HCO_3^{-} = 1{,}8$ mval/l
Suma cationi: 5,8 mval/l	Suma anioni: 5,8 mval/l,

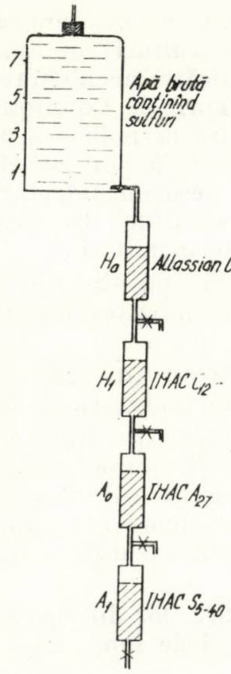


Fig. 1. Instalație de laborator pentru verificarea reținerii sulfurilor pe schimbătorii de ioni.

la care s-au adăugat cîte 40 mg/l sulfură de sodiu.

După cîteva ore de la prepararea acestei ape s-a constatat formarea unui precipitat fin, care s-a depus pe fundul vasului; conținutul în sulfuri solubile al apei a scăzut, iar precipitatul s-a format din sulfuri insolubile.

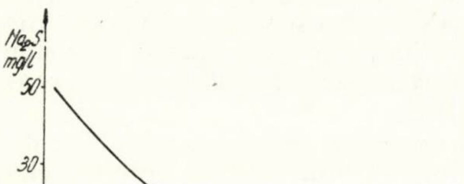


Fig. 2. Variația conținutului în sulfură de sodiu al unei ape brute dintr-un vas de laborator în contact cu aerul.

În figrua 2 este reprezentată grafic variația conținutului în sulfură de sodiu al apei, cu compoziția ionică de mai sus, în contact cu atmosfera.

Se observă că, după un anumit timp, conținutul în sulfură de sodiu nu se mai modifică simțitor, stabilizîndu-se la 4—5 mg/l. Această apă, avînd 4 mg/l sulfuri, s-a folosit în instalația de laborator, obținîndu-se din ea apă demineralizată.

Determinarea hidrogenului sulfurat s-a făcut prin metoda iodometrică; probele de apă după fiecare filtru ionic s-au luat astfel încît să se evite contactul cu aerul.

Verificarea funcționării filtrelor ionice s-a făcut și prin măsurători de conductivitate în flux continuu (fig. 3), înlăturîndu-se astfel erorile determinate de degajarea hidrogenului sulfurat.

Din fiecare tip de rășină s-a introdus în coloane cîte un volum de 60 ml material nou, care a fost regenerat cu acid clorhidric, respectiv hidroxid de sodiu. Primul ciclu activ al instalației a fost efectuat cu apă brută fără sulfuri, apoi următoarele șase cicluri cu apă brută avînd 4 mg/l sulfuri.

În tabelul 1 sînt înscriși indicii chimici urmăriți în timpul ciclului activ nr. 4 la instalația de laborator din figura 1.

Din analiza indicilor chimici înscriși în tabelul 1 rezultă următoarele:

— rășina puternic acidă IMAC C 12 (H_1) reține cationii aferenți ionului S^{2-};

— rășina slab bazică IMAC A 27 (A_o) reține total sulful ionic S^{2-};

— la concentrații mici în apa brută, sulfurile nu perturbă funcționarea instalației de demineralizare.

Influența sulfurilor prezente în apa brută, la concentrații mici, asupra capacității volumice utile a schimbătorilor de ioni din instalația experimentală nu a putut fi pusă practic în evidență, deoarece numărul ciclurilor active a fost mic. Efectuarea unui număr mai mare de cicluri necesită mult timp, iar menținerea constantă

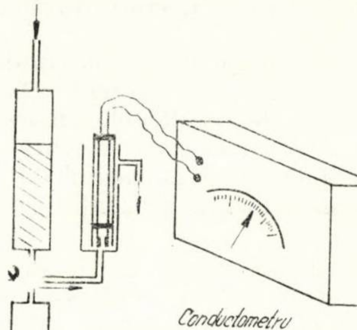


Fig. 3. Măsurarea conductivității în flux continuu la debite mici de apă.

Tabelul 1

Apă tratată. l	Influent filtru H_0	Efluent filtru H_0		Efluent filtru H_1		Efluent filtru. A_0		Efluent filtru A_1
	H_2S. mg/l	−m. mval/l	H_2S mg/l	−m mval/l	H_2S mg/l	Clor mg/l	H_2S mg/l	µS/cm
2	4,1	−2,5	4,1	4	4,1	lipsă	0	0,08
4	4,0	−1,2	4,1	4	4,1	lipsă	0	—
8	4,15	−0,2	4,1	4,1	4,1	lipsă	0	0,1
12	4,0	0,3	4,1	4	4,0	lipsă	0	—
14	4,1	0,8	—	4	4,1	lipsă	0	—
16	—	1,0	—	4	4,0	lipsă	0	0,7
18	4,0	1,25	4,0	3,2	4,0	prezent	0	2,4

a unor factori în procesul de regenerare-epuizare este dificilă şi impune o supraveghere continuă.

În cazul celor şase cicluri active care s-au efectuat, capacitatea volumică utilă a răşinilor luate în lucru nu a scăzut simţitor, astfel încît nu se poate trage concluzia certă că sulfurile degradează masele schimbătoare de ioni.

Acţiunea sulfurilor din apă în concentraţii mari asupra schimbătorilor de ioni din instalaţia de demineralizare

Menţinerea unui conţinut ridicat de sulfuri în apă, pentru a fi folosită la experimentări, s-a realizat luîndu-se apă total demineralizată în care s-a dizolvat sulfură de sodiu. S-a limitat la maximum contactul apei preparate cu atmosfera, reuşindu-se astfel să se păstreze neschimbată concentraţia în sulfuri pe o durată mai îndelungată.

Pentru a cerceta acţiunea sulfurilor din apă în concentraţii mari asupra schimbătorilor de ioni din instalaţia de demineralizare, s-a lucrat tot cu schema din figura 1; masele schimbătoare de ioni au fost înlocuite cu altele noi, de acelaşi tip, proaspăt regenerate.

Indicii chimici urmăriţi după fiecare coloană sînt trecuţi în tabelul 2.

Hidrogenul sulfurat dizolvat în apă este un acid slab şi disociază în două trepte, asemănîndu-se cu acidul carbonic:

$$H_2CO_3 \rightleftarrows H^+ + HCO_3^- \qquad K_1 = 3.10^{-7}$$
$$HCO_3^- \rightleftarrows H^+ + CO_3^{2-} \qquad K_2 = 1{,}3.10^{-11}$$
$$H_2S \rightleftarrows H^+ + HS^- \qquad K_1 = 3{,}3.10^{-7}$$
$$HS^- \rightleftarrows H^+ + S^{2-} \qquad K_2 = 2.10^{-16}$$

Ar însemna ca sulfura de sodiu (Na_2S), trecută prin schimbătorii de ioni din instalaţia de demineralizare (fig. 1), să se comporte ca şi carbonatul de sodiu (Na_2CO_3).

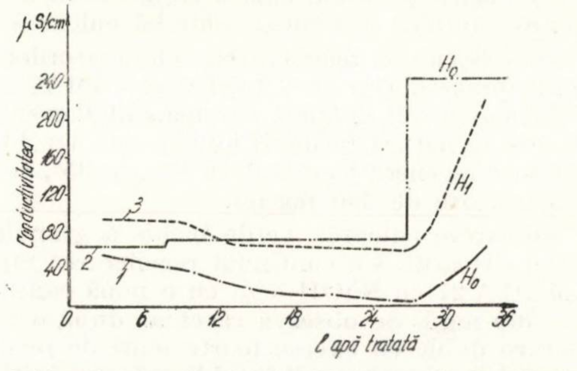


Fig. 4. Funcţionarea filtrelor H_0 şi H_1 în mediu de sulfuri: 1 – conductivitatea efluentului filtrului H_0; 2 – conductivitatea influentului filtrului H_0; 3 – conductivitatea efluentului filtrului H_1.

Analizînd indicii chimici din tabelul 2 şi alura curbelor din figura 4, se poate afirma că ionii Na^+ aferenţi anionului S^{2-} sînt reţinuţi pe răşinile slab şi puternic acide.

Pentru a stabili cît reţine răşina slab acidă şi cît reţine răşina puternic acidă din totalul cationilor Na^+ reţinuţi de etajele acide, s-a scos din linia de demineralizare răşina slab acidă, Allassion CC (fig. 1), epuizată cu sulfuri, şi s-a trecut peste ea apă brută avînd alcalinitatea $m = 8{,}5$ mval/l. S-a colectat efluentul, găsindu-se alcalinitatea $m = 3{,}1$ mval/l. Rezultă că aproximativ 65% din capacitatea volumică utilă a răşinii din H_0 a fost folosită pentru reţinerea cationilor de Na^+ legaţi de S^{2-}.

După cum rezultă din datele înscrise în tabelul 2, anionii S^{2-} au fost reţinuţi în totalitate de răşina mediu bazică IMAC A 27, deoarece după coloana A_0 nu se mai pune în evidenţă prezenţa hidrogenului sulfurat.

Pe măsura epuizării straturilor de răşină din coloana A_0 cu S^{2-}, granule schimbătoare de ioni treceau de la culoarea iniţială maron roşcat spre verde închis.

Cînd răşina IMAC A 27 (A_0) s-a epuizat, coloana A_0 a fost scoasă din linia de demine-

Tabelul 2

Apă tratată. l	Intrare H_0		Ieşire H_0		Ieşire H_1		Ieşire A_0		Ieşire A_1	
	µS/cm	H_2S mg/l	µS/cm	H_2S mg/l	µS/cm	H_2S mg/l	µS/cm	H_2S mg/l	µS/cm	H_2S mg/l
3	66	20,2	52,2	20,2	92,1	20,2	—	0	0,66	0
8	74,1	20,2	42,5	—	90	20,2	0,45	0	0,65	0
13	74,1	20,2	14,2	20,2	66,3	20,2	0,39	0	0,65	0
20	74,1	—	9,75	—	65,3	—	0,24	—	0,65	—
25	—	18	—	18	—	18	—	0	—	0
33	248	37,5	72	37,5	212	37,5	0,94	0	0,8	0
35 Epuizat.	—	—	—	—	—	—	—	5	2,16	0

ralizare, funcţionîndu-se în schema $H_0 - H_1 - A_1$; răşina IMAC S 5—40, puternic bazică, din A_1, urma să reţină S^{2-} din hidrogenul sulfurat rezultat după coloana H_1. Se constată că şi răşina puternic bazică reţine total hidrogenul sulfurat, dar nu-şi schimbă culoarea.

S-a trecut la regenerarea schimbătorilor de ioni epuizaţi. Din cei 60 ml răşină IMAC A 27 s-au scos 20 ml pentru a se putea stabili eventual care este natura reţinerii ionilor sulf, iar 40 ml au fost regeneraţi cu NaOH 4%, la 35°, cu un exces mare de 300 mg/ml.

Deoarece culoarea verde închis a granulelor nu a dispărut, s-a continuat regenerarea răşinii IMAC A 27 cu NaOH 4%, cu o nouă cantitate de 300 mg/l. Se observă că chiar după o regenerare dublă cu excese foarte mari de reactiv, granulele nu au revenit total la culoarea iniţială.

Schimbătorii de ioni din celelalte coloane au fost regeneraţi în condiţii obişnuite şi consumuri de regeneranţi normale. După spălarea schimbătorilor s-a pus în funcţiune schema de demineralizare $H_0 - H_1 - A_0 - A_1$, folosindu-se ca influent apă demineralizată în care s-au adăugat 31 mg/l Na_2S şi 580 mg/l NaCl.

Numai după doi litri de apă trecuţi prin instalaţie, în efluentul coloanei A_0 s-a găsit clor şi hidrogen sulfurat. Înseamnă că răşina IMAC A 27 din filtrul A_0 nu s-a regenerat suficient, adică prin tratare cu NaOH capacitatea de reţinere nu se reface total, punîndu-se deci problema tratamentului care trebuie aplicat răşinii IMAC A 27 pentru ca să fie eluat tot sulful (S^{2-}) reţinut pe răşină.

S-au luat în lucru volume mici de răşină IMAC A 27 epuizată cu H_2S şi s-au tratat în paralel cu HCl 10%, HNO_3 5% şi H_2SO_4 8%. S-a constatat că granulele revin la culoarea iniţială pe măsură ce durata de contact între granule şi acid este mai mare. Pe suprafaţa granulelor se formează bule mici de gaz provenite din reacţia acizilor cu sulful din răşină. Revenirea la culoarea iniţială se observă foarte clar, progresînd de la suprafaţă spre interior, pe măsură ce acidul pătrunde în granule.

Organoleptic se constată degajarea de bioxid de sulf; identificarea lui s-a făcut prin determinarea calitativă cu hîrtie indicatoare de iodat de potasiu, în mediu de acid fosforic.

Formarea bioxidului de sulf prin tratare cu acizi a răşinii epuizate cu hidrogen sulfurat rămîne a fi fundamentată teoretic.

Este important de stabilit dacă tratamentul cu acizi reface capacitatea de reţinere a răşinii slab bazice epuizată cu H_2S. Pentru aceasta, răşina IMAC A 27 a fost tratată în coloană cu acid clorhidric 10% şi apoi regenerată cu NaOH 4%, în cantitate de 300 mg/l răşină. Încercarea s-a făcut în paralel cu o răşină IMAC A 27 nouă şi una regenerată, folosindu-se acelaşi influent al coloanei H_1 (fig. 5). S-a folosit apă demineralizată în care s-au introdus 10 mval/l NaCl.

În tabelul 3 sînt înscrişi indicii chimici urmăriţi în timpul ciclului activ al coloanelor din montajul realizat conform figurii 5.

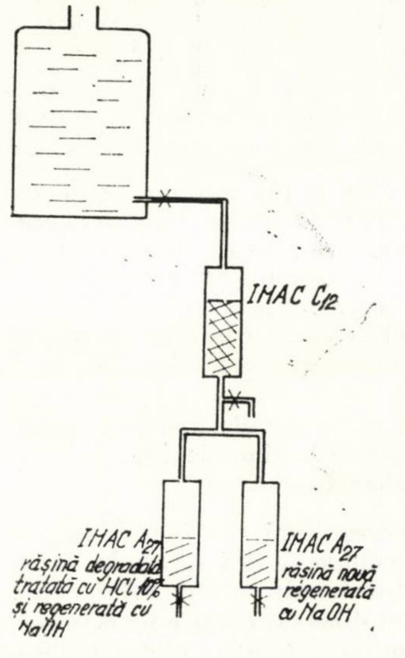

IMAC C_{12}
IMAC A_{27}
răşină degradată tratată cu HCl 10% şi regenerată cu NaOH
IMAC A_{27}
răşină nouă regenerată cu NaOH

Fig. 5. Montaj pentru verificarea capacităţii volumice utile a răşinii IMAC A 27, saturată cu H_2S.

Tabelul 3

Apă tratată, l	Influent H_1	Efluent H_1		Efluent A_0 degradat		Efluent A_0	
	μS/cm	μS/cm	− m	Clor mg/l	μS/cm	Clor mg/l	μS/cm
1	1200	4000	10	0	12	0	12
4	1200	4000	10	0	3,2	0	4,8
5	1200	4000	10	prezent	48,2	prezent	29,0

Din compararea ciclurilor active a celor două coloane încărcate cu răşină IMAC A 27 rezultă că nu sînt deosebiri prea mari. Prin tratarea cu acid clorhidric a răşinii anionice slab bazice, IMAC A 27, epuizată cu hidrogen sulfurat, capacitatea de reţinere revine la normal.

Concluzii

În urma încercărilor de laborator privind acţiunea sulfurilor din apă asupra schimbătorilor de ioni din instalaţia de demineralizare rezultă că:

— La concentraţii mici de sulfuri (sub 5 mg/l) în apă la intrare în instalaţia de demineralizare, răşinile schimbătoare de ioni nu-şi reduc capacitatea de reţinere în mod sensibil.

— Prezenţa în apă a sulfurilor în concentraţii mai mari nu influenţează asupra capacităţii de reţinere a răşinilor cationice, dar o micşorează pe aceea a schimbătorilor anionici.

— Hidrogenul sulfurat (S^{2-}) reţinut de schimbătorul anionic slab bazic (IMAC A 27) şi de răşina puternic bazică (IMAC S 5 — 40) nu se eluează total la regenerare cu hidroxid de sodiu.

— Prin tratarea cu HCl de concentraţie 10% a răşinilor anionice, ale căror grupe active sînt epuizate de S^{2-}, capacitatea de reţinere revine la normal. În timpul acestui tratament se formează bule de bioxid de sulf pe suprafaţa granulelor.

— Pentru a evita acţiunea sulfurilor asupra schimbătorilor anionici, în cazul poluării cu sulfuri a apei de tratat, trebuie ca degazorul de bioxid de carbon să fie montat după schimbătorul puternic acid. Degazorul montat după schimbătorul slab bazic la CET Piteşti nu este judicios amplasat. Mutarea lui înaintea filtrului anionic slab bazic va evita impurificarea cu sulfuri, dar capacitatea volumică utilă a schimbătorului IMAC A 27 va fi mai mică şi trebuie compensată cu o încărcătură suplimentară de răşină.

(Articol intrat în redacţie la 10 iunie 1971)

◆

Compararea soluţiilor constructive pentru instalaţiile de distribuţie exterioare, după criterii multiple, prin metoda „ELECTRE”

Ing. **D. A. Ivas**, ing. **C. Ştirbu** şi ing. **I. Sevastre***)

Necesitatea alegerii unei soluţii optime, din mai multe posibile, ţinînd seamă de mai multe criterii, apare adesea în proiectarea instalaţiilor. În cazul în care numărul şi diversitatea criteriilor cresc, problema devine dificilă şi uneori chiar imposibil de rezolvat. O astfel de situaţie apare la stabilirea soluţiei constructive optime pentru instalaţiile de distribuţie exterioare de înaltă tensiune cu bare duble, deoarece, pe lîngă existenţa unui mare număr de soluţii tehnic posibile, criteriile de luat în considerare sînt şi ele multiple. În continuare se prezintă o posibilitate de rezolvare a acestei probleme aplicînd o metodă din matematica economică.

Metoda „Electre” („Élimination et choix traduisant la réalité”), elaborată de specialiştii francezi, a fost prezentată în cadrul „SEMA — Société d'Économie et de mathématique appliquées” şi publicată în [4], [5]. Domeniile de aplicare pot fi foarte diverse, şi anume acolo unde, pentru compararea mai multor elemente (obiecte, strategii, variante etc.), în scopul stabilirii unei ordini de prioritate, este necesar să se ia în considerare mai multe criterii. Un exemplu de aplicare a metodei este stabilirea amplasării optime a întreprinderilor [3].

Metoda constă în următoarele [1]:

Considerăm o mulţime $M = (M_1 \cdots M_i \cdots M_n)$ ale cărei elemente le vom numi variante şi m criterii $C = (C_1 \cdots C_j \cdots C_m)$, pe baza cărora judecăm cele n variante. Analiza unei variante M_i, din punctul de vedere al criteriului C_j, duce la un rezultat a_{ij}, care poate fi o notă atribuită variantei M_i sau o apreciere calitativă.

Fiecărui element a_{ij} i se asociază o notă de apreciere a_{ij}^{+}, care poate fi normalizată la o anumită scară (de exemplu 0—1) şi poate fi reprezentată în matricea A_{ij}^{+}.

$$A_{ij}^{+} = \begin{array}{c|ccccc|} & C_1 & \cdots & C_j & \cdots & C_m \\ \hline M_1 & a_{11}^{+} & \cdots & a_{1j}^{+} & \cdots & a_{1m}^{+} \\ & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ M_i & a_{i1}^{+} & \cdots & a_{ij}^{+} & \cdots & a_{im}^{+} \\ & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ M_n & a_{n1}^{+} & \cdots & a_{nj}^{+} & \cdots & a_{nm}^{+} \end{array} \tag{1}$$

Criteriile după care sînt judecate variantele au importanţă şi semnificaţii diferite şi se stabilesc pentru fiecare problemă în parte. Fiecărui criteriu i se acordă un coeficient de importanţă sau pondere k_j. Pentru determinarea variantei prioritare se asociază problemei un graf orientat, adoptîndu-se următoarele convenţii:

Elementele mulţimii M se consideră vîrfuri ale grafului, iar relaţiile dintre aceste elemente definesc arcele de legătură dintre vîrfurile grafului. Arcele se orientează astfel:

— dacă i este prioritară faţă de j, se trasează un arc de la j la i;

— dacă i şi j sînt echivalente, se trasează între ele un arc cu dublu sens.

Acest lucru se determină pe baza a doi indicatori, indicatorul de concordanţă calculat cu relaţia (2) şi notat cu c,

$$c\,(M_g,\,M_h) = \frac{\Sigma\, k_j}{k_1 + \cdots + k_m} \tag{2}$$

(suma de k_j se face pentru acei j pentru care $a_{gj}^{+} \geqslant a_{hj}^{+}$), precum şi indicatorul de discordanţă calculat cu relaţiile (3) şi notat cu d.

$$d(M_{\iota}, M_h) = \begin{cases} 0 \text{ (zero) dacă } a_{hj}^{+} < a_{gj}^{+} \text{ pentru } \forall j = 1 \ldots m \\ \dfrac{1}{\alpha} \cdot \max\limits_{j} \left| a_{gj}^{+} - a_{hj}^{+} \right| \text{ dacă } a_{hj}^{+} \geqslant a_{gj}^{+} \end{cases} \tag{3}$$

---

*) Ing. D. Ivas este şef de lucrări la Catedra de electroenergetică a Institutului politehnic Iaşi; ing. C. Ştirbu este lector la Catedra de organizare şi planificare a Institutului politehnic Iaşi; ing. I. Sevastre este absolvent al aceluiaşi institut.

α reprezintă ecartul maxim dintre notele de apreciere; în cazul cînd elementele $a_{ij}^{+} \in [0-1] \Rightarrow \alpha = 1$.

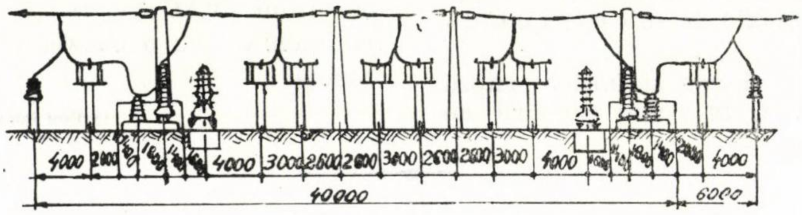

4000
2000
1600
1600
1400
1400
4000
3000
2600
2600
3400
2600
2600
3000
4000
1400
1400
1600
1400
2000
4000
40000
6000

Fig. 1

În continuare se introduce în mulţimea variantelor o relaţie de surclasare. O variantă M_i surclasează o altă variantă M_j; este deci prioritară faţă de aceasta şi se trasează în graf un arc orientat de la j la i, dacă se realizează inegalităţile (4).

$$\begin{aligned} c\,(M_i, M_j) &\geqslant p \\ d\,(M_i, M_j) &\leqslant q \end{aligned} \qquad (4)$$

Practic se porneşte de la valorile $p = 1$; $q = 0$ şi se trasează arcele respective în graf. Apoi se stabileşte ordinea de prioritate a variantelor după numărul de arce orientate spre vîrful corespunzător. În cazul în care din această analiză mai multe variante au acelaşi număr de săgeţi primite, operaţia se continuă prin reducerea lui p şi creşterea lui q. Se introduc astfel în graf legături suplimentare pînă ce se obţine o clasificare certă a variantelor.

Aplicăm metoda la compunerea a zece soluţii constructive pentru instalaţiile de distribuţie exterioare, de 110 kV, cu bare duble, prezentate în [2] (s-a renunţat la soluţiile, prezentate în [2], care necesită utilaj special sau de import, selectîndu-se numai următoarele zece) :

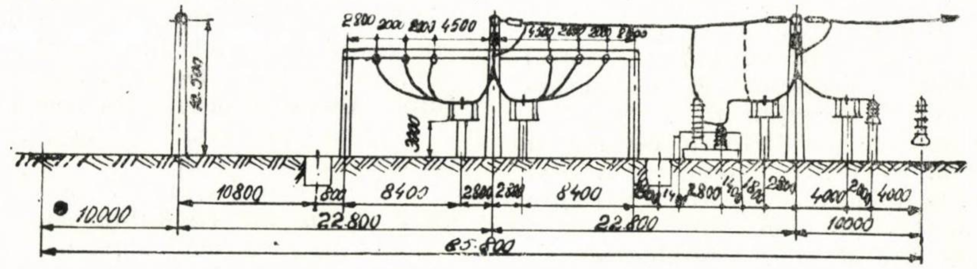

2800
2000
2800
4500
4500
2800
2000
2800
12.500
3000
10800
800
8400
2800
2800
8400
2800
1400
1800
2800
4000
2000
4000
10.000
22.800
22.800
10000
65.800

Fig. 2

S_1 — cu faze asociate şi legături verticale individuale la separatoarele de bare (8 din [2]);

S_2 — idem, cu legături verticale comune la separatoarele de bare (9 din [2]) (fig. 1);

S_3 — cu cadru central şi suporţi individuali pentru fiecare sistem de bare (12 din [2]);

S_4 — cu portal central, suport comun pentru ambele sisteme de bare şi separtoarele montate transversal în afara barelor (13 din [2]) (fig. 2);

S_5 — idem, cu separatoarele montate sub bare (14 din [2]);

S_6 — cu separatoarele în linie-longitudinal, întreruptoarele pe un rînd (16 din [2]) (fig. 3);

S_7 — cu separatoarele în linie-longitudinal, bare U, întreruptoarele montate pe două rînduri (fig. 4);

S_8 — idem cu S_6, portalul de linie fiind comun cu cel de susţinere a ambelor sisteme de bare colectoare, întreruptorul fiind montat sub portalul de linie (18 din [2]);

S_9 — idem cu S_8, portalul de linie şi cele de susţinere a barelor colectoare fiind separate (19 din [2]);

S_{10} — idem cu S_9, dar cu un culoar între întreruptor şi trafo de curent (20 din [2]);

Impunem următoarele şase criterii de comparaţie :

C_1 — costul celulei;

C_2 — suprafaţa ocupată de celula de linie;

C_3 — cantitatea de aluminiu necesară;
C_4 — claritatea instalației și buna vizibilitate;
C_5 — proiectarea ușoară și rapidă;
C_6 — estetica exterioară a stației.

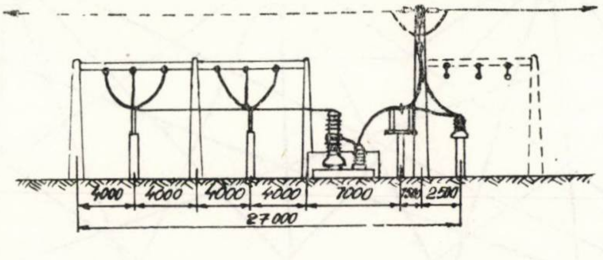


Fig. 3

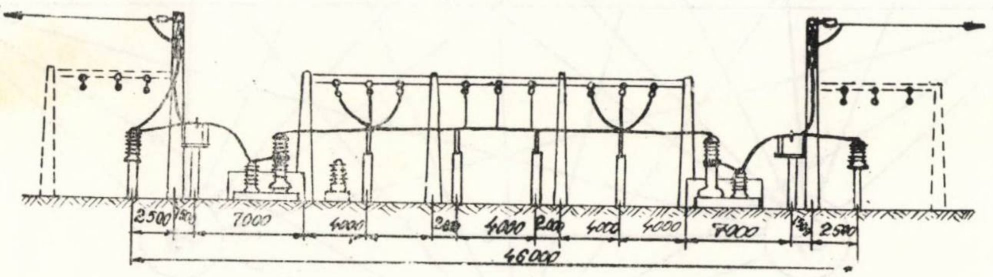


Fig. 4

Tabelul 1

Soluția analizată	Criteriul / unitatea de măsură					
	C_1/mii lei	C_2/m^2	C_3/kg	C_4	C_5	C_6
S_1	432	232	140	parțial	parțial	da
S_2	421	208	140	nu	nu	nu
S_3	480	582	155	da	parțial	da
S_4	480	525	150	da	parțial	da
S_5	470	413	150	nu	parțial	nu
S_6	453	243	123	da	da	da
S_7	450	207	120	da	da	da
S_8	450	198	120	da	da	da
S_9	456	225	120	da	da	da
S_{10}	458	288	120	da	da	da
Ponderea criteriului (k_j)	2,5	2,5	2	1,5	1	0,5

Pe baza valorilor numerice și a aprecierilor calitative din tabelul 1, care au fost extrase din [2], atribuim notele de apreciere a variantelor din punctul de vedere al criteriilor alese și obținem matricea $[A]$, care, prelucrată după indicațiile anterioare, permite determinarea matricei indicilor de concordanță $[C]$ și a celei a indicilor de discordanță $[D]$. Cele trei matrice se prezintă valoric în tabelul 2.

Atribuind pragurilor de concordanță și de discordanță valorile: $p = 0{,}5$ și $q = 0{,}8$, se trasează, pornind de la inegalitățile (4), graful din figura 5.

Tabelul 2

$$
[A] = \begin{array}{c|cccccc|}
 & C_1 & C_2 & C_3 & C_4 & C_5 & C_6 \\
S_1 & 0{,}99 & 0{,}93 & 0{,}2 & 0{,}5 & 0{,}5 & 1 \\
S_2 & 1 & 0{,}98 & 0{,}2 & 0 & 0 & 0 \\
S_3 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0{,}5 & 1 \\
S_4 & 0 & 0{,}2 & 0{,}1 & 1 & 0{,}5 & 1 \\
S_5 & 0{,}7 & 0{,}4 & 0{,}1 & 0 & 0{,}5 & 0 \\
S_6 & 0{,}98 & 0{,}91 & 0{,}99 & 1 & 1 & 1 \\
S_7 & 0{,}98 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\
S_8 & 0{,}98 & 0{,}99 & 1 & 1 & 1 & 1 \\
S_9 & 0{,}9 & 0{,}94 & 1 & 1 & 1 & 1 \\
S_{10} & 0{,}85 & 0{,}8 & 1 & 1 & 1 & 1
\end{array}
$$

$$
\begin{array}{cccccc c}
K_j & 2{,}5 & 2{,}5 & 2 & 1{,}5 & 1 & 0{,}5
\end{array}
$$

$$
[C] = \begin{array}{c|cccccccccc|}
 & S_1 & S_2 & S_3 & S_4 & S_5 & S_6 & S_7 & S_8 & S_9 & S_{10} \\
S_1 & x & 0{,}5 & 0{,}85 & 0{,}6 & 1 & 0{,}55 & 0{,}3 & 0{,}3 & 0{,}5 & 0{,}55 \\
S_2 & 0{,}7 & x & 0{,}7 & 0{,}7 & 0{,}9 & 0{,}5 & 0{,}25 & 0{,}25 & 0{,}5 & 0{,}5 \\
S_3 & 0{,}3 & 0{,}3 & x & 0{,}55 & 0{,}3 & 0{,}2 & 0{,}2 & 0{,}2 & 0{,}2 & 0{,}2 \\
S_4 & 0{,}3 & 0{,}3 & 1 & x & 0{,}5 & 0{,}2 & 0{,}2 & 0{,}2 & 0{,}2 & 0{,}2 \\
S_5 & 0{,}1 & 0{,}3 & 0{,}8 & 0{,}8 & x & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
S_6 & 0{,}5 & 0{,}5 & 1 & 1 & 1 & x & 0{,}55 & 0{,}55 & 0{,}55 & 0{,}8 \\
S_7 & 0{,}75 & 0{,}75 & 1 & 1 & 1 & 1 & x & 1 & 1 & 1 \\
S_8 & 0{,}75 & 0{,}75 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0{,}75 & x & 1 & 1 \\
S_9 & 0{,}75 & 0{,}5 & 1 & 1 & 1 & 0{,}75 & 0{,}5 & 0{,}5 & x & 1 \\
S_{10} & 0{,}45 & 0{,}45 & 1 & 1 & 1 & 0{,}5 & 0{,}5 & 0{,}5 & 0{,}5 & x
\end{array}
$$

$$
[D] = \begin{array}{c|cccccccccc|}
S_1 & x & 0{,}05 & 0{,}5 & 0{,}5 & 0 & 0{,}79 & 0{,}8 & 0{,}8 & 0{,}8 & 0{,}8 \\
S_2 & 1 & x & 1 & 1 & 0{,}5 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\
S_3 & 0{,}99 & 1 & x & 0{,}2 & 0{,}4 & 0{,}99 & 1 & 1 & 1 & 1 \\
S_4 & 0{,}99 & 1 & 0 & x & 0{,}7 & 0{,}98 & 0{,}98 & 0{,}98 & 0{,}9 & 0{,}9 \\
S_5 & 1 & 0{,}58 & 1 & 1 & x & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\
S_6 & 0{,}02 & 0{,}07 & 0 & 0 & 0 & x & 0{,}09 & 0{,}08 & 0{,}03 & 0{,}01 \\
S_7 & 0 & 0{,}02 & 0 & 0 & 0 & 0 & x & 0 & 0 & 0 \\
S_8 & 0{,}01 & 0{,}02 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}01 & x & 0 & 0 \\
S_9 & 0{,}09 & 0{,}1 & 0 & 0 & 0 & 0{,}08 & 0{,}08 & 0{,}08 & x & 0 \\
S_{10} & 0{,}14 & 0{,}18 & 0 & 0 & 0 & 0{,}13 & 0{,}2 & 0{,}19 & 0{,}14 & x
\end{array}
$$

Analizînd graful din figura 5 din punctul de vedere al numărului de săgeți care sosesc în fiecare nod, se obține ordinea de prioritate a

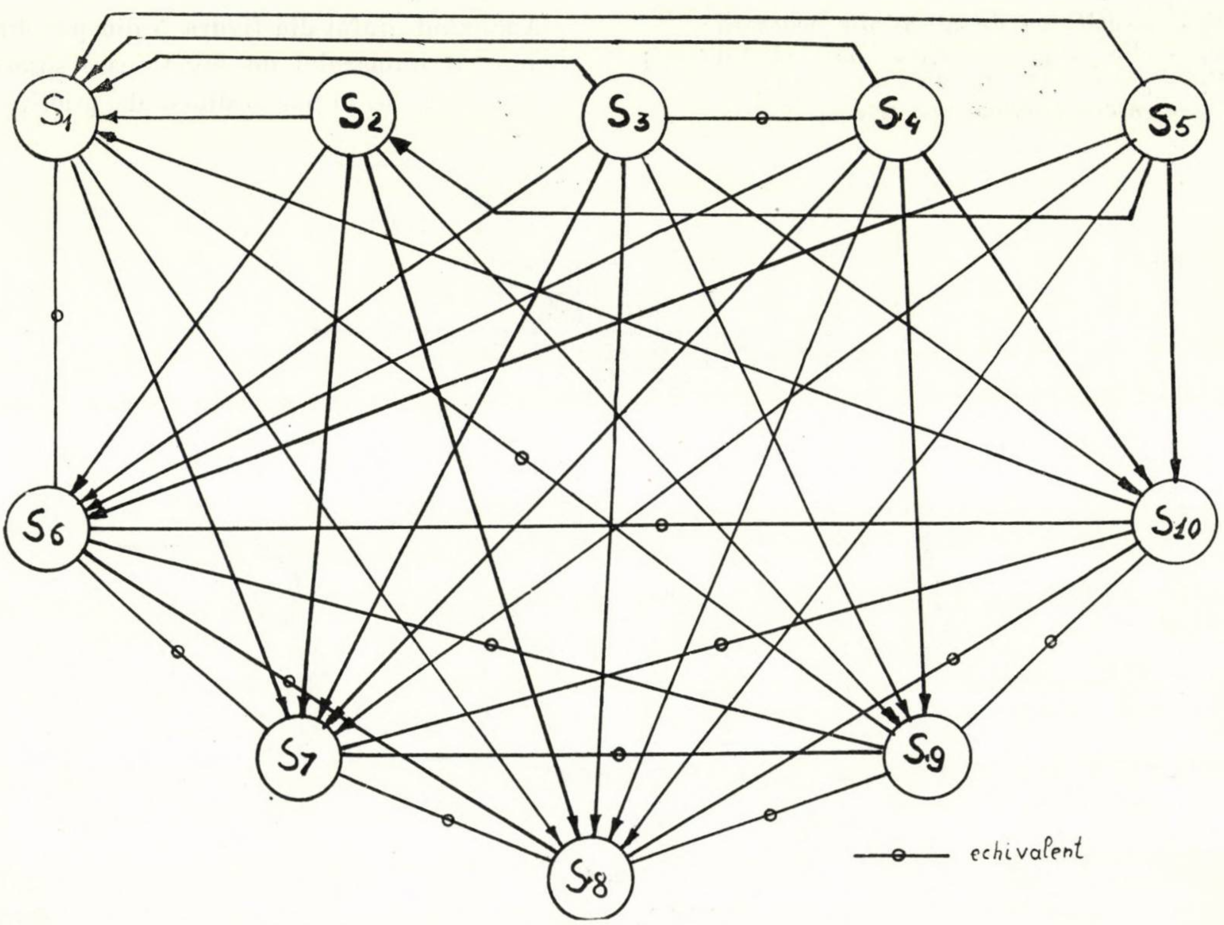


Fig. 5

Tabelul 3

Ordinea rezultată	Numărul variantei	Numărul săgeților	
		primite	echivalente
III	S_1	5	2
VI	S_2	1	—
VII	S_3	—	1
	S_4	—	1
VIII	S_5	—	—
II	S_6	4	5
I	S_7	5	4
	S_8	5	4
IV	S_9	3	5
V	S_{10}	3	4

celor zece variante considerate. Rezultatul acestei analize este dat în tabelul 3.

Concluzii

Pornind de la valorile numerice corespunzătoare unor criterii $C_{1,\,2,\,3}$, notele necesare aplicării metodei se pot acorda ușor. Celelalte criterii, deși nu pot fi apreciate cantitativ, la prima vedere, pot fi totuși introduse în metodă, dacă variantele se clasifică printr-o analiză atentă, notele avînd un caracter relativ.

La unele criterii, cum ar fi C_6, de exemplu, notarea s-ar putea face pe baza unui sondaj în rîndul mai multor specialiști (esteticieni, arhitecți), care, analizînd machete sau fotografii ale instalațiilor, ar acorda notele necesare.

Stabilirea valorilor coeficienților de pondere k_j, deși pare etapa mai dificilă a aplicării metodei, este în realitate un avantaj al acesteia, influența fiecărui criteriu trebuind să fie o funcție de condițiile concrete în care se realizează instalația. De exemplu, într-o zonă urbană sau turistică, criteriul C_6 trebuie să aibă o pondere mai mare. Metoda, permițînd o analiză obiectivă a variantelor din punctul de vedere al mai multor criterii, poate fi aplicată desigur și altor obiective energetice. Rezultatele obținute din exemplul numeric prezentat dovedesc obiectivitatea metodei.

Bibliografie

[1] Stancu, M. și Boldur, G. *Metoda „Electre”*. Studii și cercetări de calcul economic și cibernetică economică, nr. 2, 1969, p. 121.

[2] Stoleru, B., Sfartz, J. și Birjaru, S. *Analiza evoluției tipizării stațiilor de transformare*. A IV-a sesiune de comunicări tehnico-științifice ISPE, 1964, p. 84.

[3] Aurian, J. *Amplasarea optimă a întreprinderilor prin metode de selecționare*. Studii și cercetări de calcul economic și cibernetică economică, nr. 4, 1969, p. 27.

[4] Bunet, P., Gemi, J., Mark, M. și Sussmann, B. *Peut-on choisir en tenant compte de critères multiples? Une méthode (Electre) et trois applications*. Metra (Franța), vol. VI, nr. 2, iunie 1967.

[5] Roy, B. *Classement et choix en presénce de points de vue multiples (La méthode Electre)*, Revue française d'Informatique et de recherche operationelle, nr. 8, martie—aprilie 1967.

(Articol intrat în redacție la 25 iunie 1971)

Calculul simplificat al componentelor modale pentru o linie de transport cu conductoarele dispuse vertical

Dr. ing. E. Constantin *)

Propagarea undelor pe liniile de transport este puternic influenţată de prezenţa pămîntului. Datorită conductivităţii finite a solului apar pierderi suplimentare care duc la modificarea constantei de propagare a undelor. Pentru a putea urmări relativ simplu propagarea undelor şi în cazul liniilor trifazate, se propune în mai multe lucrări din literatura de specialitate [1], [2], [3], [4] folosirea unei descompuneri într-un sistem de componente denumite „modale". Principala caracteristică a acestor componente constă în faptul că ele se propagă independent pe linie, adică în orice punct pe linie raportul între tensiunea şi curentul unei componente este constant, egal cu impedanţa de undă modală respectivă. Componentele modale se calculează pentru un regim armonic de obicei numeric, ţinîndu-se seama de influenţa pămîntului prin coeficienţii de corecţie determinaţi de Carson [5]. Calculul este însă laborios, poate fi executat numai cu calculatoare şi are dezavantajul că nu se obţin relaţii analitice care să permită o analizare mai uşoară a influenţei diferiţilor factori asupra propagării, adică a constantelor de propagare modale şi a matricelor de transformare. În [4] este prezentată o metodă de aproximare care a condus la o simplificare substanţială a calculelor în cazul liniilor cu conductoarele aşezate în plan orizontal, permiţînd de asemenea să se tragă unele concluzii importante. În lucrarea de faţă se dezvoltă o metodă de calcul pentru cazul liniilor cu conductoarele aşezate într-un plan vertical, folosind aceeaşi aproximare pentru considerarea influenţei pămîntului.

Rezultatele obţinute sînt utile deoarece permit o determinare simplă a componentelor modale şi sînt suficient de exacte, deoarece, chiar dacă s-ar efectua calculul numeric exact după metoda descrisă în literatură, mai există foarte mulţi factori care influenţează propagarea şi de care nu se poate ţine seamă, cum ar fi : conductivitatea solului nu este constantă pe toată lungimea liniei, înălţimea la care se află conductorul faţă de pămînt nu este aceeaşi datorită săgeţii, potenţialul conductorului de protecţie nu este egal cu zero pe toată lungimea liniei etc. Metoda de calcul elaborată este utilă în special la calculul fenomenelor tranzitorii cu metoda transformatei Fourier [6]. În acest caz este necesar să se cunoască dependenţa de frecvenţe a constantelor de propagare şi a matricelor de transformare, care se obţine imediat cu relaţiile analitice determinate în lucrare.

Determinarea parametrilor modali la linii folosind o transformare prealabilă în componente α, β, 0.

Propagarea undelor pe liniile trifazate în regim armonic permanent este descrisă de ecuaţiile telegrafiştilor :

$$\begin{aligned} -\frac{\mathrm{d}\,\|\underline{U}\|}{\mathrm{d}x} &= \|z\|\cdot\|\underline{I}\| \\ -\frac{\mathrm{d}\,\|\underline{I}\|}{\mathrm{d}x} &= \|y\|\cdot\|\underline{U}\| \end{aligned} \tag{1}$$

în care $\|\underline{U}\|$ şi $\|\underline{I}\|$ sînt matricele tensiunilor, respectiv curenţilor de fază, $\|z\|$ — matricea impedanţelor lineice longitudinale şi $\|y\|$ —matricea admitanţelor lineice transversale.

Din sistemul de ecuaţii (1) se obţine cîte o ecuaţie pentru tensiuni, respectiv pentru curenţi, de forma :

$$\begin{aligned} \frac{\mathrm{d}^2\|\underline{U}\|}{\mathrm{d}x^2} &= \|z\|\cdot\|y\|\cdot\|\underline{U}\| \\ \frac{\mathrm{d}^2\|\underline{I}\|}{\mathrm{d}x^2} &= \|y\|\cdot\|z\|\cdot\|\underline{I}\| \end{aligned} \tag{2}$$

din care se pot determina tensiunile şi curenţii de fază. Calculul nu este însă simplu deoarece matricele $\|z\|\cdot\|y\|$, respectiv $\|y\|\cdot\|z\|$ nu sînt diagonale şi deci tensiunile şi curenţii pe cele trei faze nu sînt independente între ele. Pentru a putea obţine mai uşor tensiunile pe cele trei faze, se propune [1], [2], [3] o descompunere a tensiunilor şi curenţilor de fază în componente modale cu relaţiile :

$$\|\underline{U}\| = \|T_u\|\cdot\|\underline{U}_m\| \quad ; \quad \|\underline{I}\| = \|T_i\|\cdot\|\underline{I}_m\|$$

în care s-au notat cu $\|T_u\|$ şi $\|T_i\|$ matricele de transformare care urmează să fie determinate. Înlocuind componentele modale în sistemul de ecuaţii (2) se obţin relaţiile :

$$\begin{aligned} \frac{\mathrm{d}^2\|\underline{U}_m\|}{\mathrm{d}x^2} &= \|T_u\|^{-1}\cdot\|z\|\cdot\|y\|\cdot\|T_u\|\cdot\|\underline{U}_m\| \\ \frac{\mathrm{d}^2\|\underline{I}_m\|}{\mathrm{d}x^2} &= \|T_i\|^{-1}\cdot\|y\|\cdot\|z\|\cdot T_i\|\cdot\|\underline{I}_m\| \end{aligned} \tag{3}$$

şi se observă că pentru a obţine ecuaţii independente pentru cele trei componente, matricea :

$$\begin{aligned} \|\gamma_m\|^2 &= \|T_u\|^{-1}\cdot\|z\|\cdot\|y\|\cdot\|T_u\| = \\ &= \|T_i\|^{-1}\cdot\|y\|\cdot\|z\|\cdot\|T_i\| \end{aligned} \tag{4}$$

trebuie să fie diagonală. Elementele matricei $\|\gamma_m\|$ sînt constantele de propagare ale celor

---

*) Dr. ing. Ema Constantin este conferenţiar la Institutul politehnic Timişoara, Catedra Bazele electrotehnicii.

trei componente modale, care se notează de obicei cu 1, 2, 3 în ordinea crescătoare a constantei de atenuare:

$$\|\gamma_m\| = \begin{Vmatrix} \gamma_1 & 0 & 0 \\ 0 & \gamma_2 & 0 \\ 0 & 0 & \gamma_3 \end{Vmatrix}$$

Din condiția (4) rezultă că pătratele constantelor de propagare modale sînt egale cu valorile proprii ale celor două matrice, iar matricele de transformare $\|T_u\|$ și $\|T_i\|$ se formează cu vectorii proprii. Se mai constată că între cele două matrice de transformare există relația $\|T_u\|' \cdot \|T_i\| = \|1\|$, ceea ce corespunde invarianței puterii aparente.

Calculul componentelor modale după metoda descrisă este însă în general complicat, deoarece necesită rezolvarea unei ecuații de gradul trei cu mărimi complexe și determinarea vectorilor proprii, care de asemenea sînt mărimi complexe.

Pentru a simplifica determinarea componentelor modale se propune o transformare a mărimilor de fază în două etape, și anume mai întîi în componente α, β, 0 și pe urmă în modale. Folosirea sistemului de componente intermediar α, β, 0 este utilă deoarece simplifică forma matricelor și permite efectuarea unui calcul analitic. Calculele se simplifică în special datorită faptului că matricea de transformare în componente α, β, 0 este reală și în final se va constata că sistemul de componente modale diferă numai prin coeficienți de conectare mici, de α, β, 0.

Pentru a transforma mărimile de fază în componente α, β, 0 se folosește matricea $\|T_{\alpha\beta0}\|$ normată, de forma:

$$\|T_{\alpha\beta0}\| = \begin{Vmatrix} -\frac{1}{\sqrt{6}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{3}} \\ \sqrt{\frac{2}{3}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{3}} \\ -\frac{1}{\sqrt{6}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{3}} \end{Vmatrix} \qquad (5)$$

și se obține $\|\underline{U}\| = \|T_{\alpha\beta0}\| \cdot \|\underline{U}_{\alpha\beta0}\|$; $\|\underline{I}\| = \|T_{\alpha\beta0}\| \cdot \|\underline{I}_{\alpha\beta0}\|$, iar în a doua etapă se transformă componentele α, β, 0 în componente modale cu relațiile:

$$\|\underline{U}_{\alpha\beta0}\| = \|\underset{m}{T_u}\| \cdot \|\underline{U}_m\| \quad ; \quad \|\underline{I}_{\alpha\beta0}\| = \|\underset{m}{T_i}\| \cdot \|\underline{I}_m\|$$

în final se scrie deci:

$$\|\underline{U}\| = \|T_{\alpha\beta0}\| \cdot \|\underset{m}{T_u}\| \cdot \|\underline{U}_m\| \quad ;$$

$$\|\underline{I}\| = \|T_{\alpha\beta0}\| \cdot \|\underset{m}{T_i}\| \cdot \|\underline{I}_m\| ,$$

adică

$$\|T_u\| = \|T_{\alpha\beta0}\| \cdot \|\underset{m}{T_u}\| \; ; \; \|T_i\| = \|T_{\alpha\beta0}\| \cdot \|\underset{m}{T_i}\| \quad (6)$$

Matricele $\|\underset{m}{T_u}\|$ și $\|\underset{m}{T_i}\|$ se determină mult mai simplu decît $\|T_u\|$ și $\|T_i\|$, deoarece matricea ale cărei valori proprii trebuie calculate are mai multe elemente egale cu zero și ecuația de gradul 3 se simplifică foarte mult.

Influența pămîntului asupra constantelor de propagare modale

Din sistemul de ecuații (2) se observă că matricele constantelor de propagare pentru tensiuni respectiv curenți au expresiile:

$$\|\gamma_u\|^2 = \|z\| \cdot \|y\| \quad ; \quad \|\gamma_i\|^2 = \|y\| \cdot \|z\| .$$

Matricea impedanțelor lineice poate fi scrisă în forma:

$$\|z\| = \|R\| + j\omega\|L_e\| + j\omega\|L_i\| + \frac{\omega\mu_0}{\pi}(\|P\| + j\|Q\|), \qquad (7)$$

în care P și Q sînt funcțiile de corectură determinate de Carson [5], prin care se ține seama de influența pămîntului, considerat ca un conductor masiv cu conductivitate finită, dar constantă. Valorile lui P și Q sînt funcție de variabila p, definită în forma:

$$p = D\sqrt{\frac{\mu_0\omega}{\rho}} ,$$

numită și înălțime echivalentă și de unghiul θ. p depinde de distanța D între conductor și imagine (fig. 1), de pulsația ω și de rezistivitatea solului ρ. Expresiile analitice pentru P și Q sînt complicate, de aceea se folosesc pentru calcul tabele în care sînt date valorile lor [7].

În relația (7) s-au mai notat cu $\|R\|$ matricea rezistențelor lineice a conductoarelor corespunzătoare frecvenței urmărite, cu $\|L_e\|$ matricea inductivităților exterioare și cu $\|L_i\|$ matricea inductivităților interioare. La frecvențe înalte, cele care interesează de fapt la determinarea componentelor modale $R \cong \omega L_i$ și relația (7) poate fi scrisă în forma:

$$\|z\| = j\omega\|L_e\| + \frac{\omega\mu_0}{\pi}\left(\frac{\pi\|R\|}{\omega\mu_0} + \|P\| + \right.$$

$$\left. + j\frac{\pi\|L_i\|}{\mu_0} + j\|Q\|\right) = j\omega\|L_e\| +$$

$$+ j\frac{\omega\mu_0}{\pi}(\|Q'\| - j\|P'\|),$$

în care

$$\|Q'\| = \|Q\| + \frac{\pi}{\mu_0}\|L_i\|$$

și

$$\|P'\| = \|P\| + \frac{\pi}{\omega\mu_0}\|R\| .$$

Matricea inductivităţilor exterioare $\| L_e \|$ are expresia :

$$\| L_e \| = \frac{\mu_0}{2\pi} \| l \|$$

unde matricea $\| l \|$ conţine logaritmii care intervin în expresia inductivităţilor. Impedanţa lineică longitudinală obţine cu acestea forma :

$$\| z \| = j \frac{\omega \mu_0}{2\pi} \{ \| l \| + 2 (\| Q' \| - j \| P' \|) \}$$

Admitanţa lineică transversală poate fi scrisă simplu, neglijînd perditanţa în forma :

$$\| y \| = j\omega \| C \| = j\omega \cdot 2\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \| l \|^{-1}$$

Folosind aceste relaţii se obţine :

$$\| z \| \cdot \| y \| = - \omega^2 \varepsilon_0 \mu_0 \{ \| 1 \| + 2 (\| Q' \| - - j \| P' \|) \} \| l \|^{-1}$$

Constanta de propagare pentru tensiuni rezultă în urma observaţiei că :

$$2 (\| Q' \| - j \| P' \|) \| l \|^{-1} \ll \| 1 \|, \text{ egală cu :}$$

$$\| \gamma_u \| = (\| z \| \cdot \| y \|)^{1/2} =$$

$$= j \frac{\omega}{V_0} \{ \| 1 \| + (\| Q' \| - j \| P' \|) \} \| l \|^{-1} \qquad (8)$$

Relaţia (8) scoate în evidenţă faptul că atenuarea pe linie apare numai datorită rezistenţei conductoarelor şi a pămîntului, adică a termenului cu P', iar modificarea vitezei de propagare a undelor apare datorită termenului cu Q'. Neglijînd termenul de corecţie $(\| Q' \| - - j \| P' \|) \| l \|^{-1}$ se obţine :

$$\| \gamma_u \| = j \frac{\omega}{V_0} \| 1 \|,$$

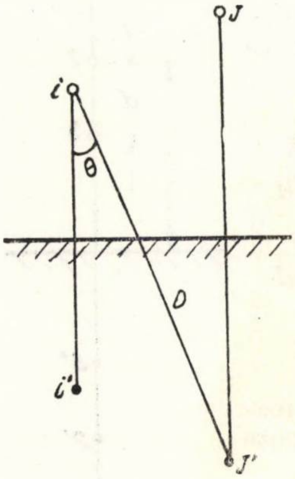


Fig. 1

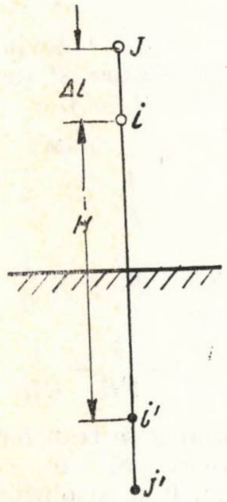


Fig. 2

adică undele se propagă neatenuat şi cu viteze V_0.

Ţinînd seama şi de corecţiile P' şi Q' vor trebui determinate valorile proprii λ_1; λ_2; λ_3 ale matricei $\| D \| = (\| Q' \| - j \| P' \|) \| l \|^{-1}$, iar constantele de propagare modale vor fi în acest caz :

$$\| \gamma_m \| = j \frac{\omega}{V_0} \cdot \left\| \begin{matrix} 1 + \lambda_1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 + \lambda_2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 + \lambda_3 \end{matrix} \right\|$$

Pentru a putea calcula analitic constantele de propagare modale pentru o linie verticală se exprimă corecţiile lui Carson, similar ca în lucrarea [4], folosind o dezvoltare în serie :

$$P_{ij} = P_{ii} + \left(\frac{\partial P}{\partial l} \right)_{l=H} \cdot \Delta l + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial^2 P}{\partial l^2} \right)_{l=H} \cdot \Delta l^2 + + \ldots \cong P_{ii} + \left(\frac{\partial P}{\partial l} \right)_{l=H} \cdot \Delta l.$$

$$Q_{ij} = Q_{ii} + \left(\frac{\partial Q}{\partial l} \right)_{l=H} \cdot \Delta l + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial^2 Q}{\partial l^2} \right)_{l=H} \cdot \Delta l^2 + + \ldots \cong Q_{ii} + \left(\frac{\partial Q}{\partial l} \right)_{l=H} \cdot \Delta l.$$

în care :

$$\frac{\partial P}{\partial l} = \frac{\partial P}{\partial p} \cdot \sqrt{\frac{\mu_0 \omega}{\rho}} ; \qquad \frac{\partial Q}{\partial l} = \frac{\partial Q}{\partial p} \cdot \sqrt{\frac{\mu_0 \omega}{\rho}}$$

şi deci :

$$P_{ij} = P_{ii} + p \left(\frac{\partial P}{\partial p} \right)_{l=H} \left(\frac{\Delta l}{H} \right) = P_{ii} + k_{p_1} \left(\frac{\Delta l}{H} \right)$$

$$Q_{ij} = Q_{ii} + p \left(\frac{\partial Q}{\partial p} \right)_{l=H} \left(\frac{\Delta l}{H} \right) = Q_{ii} + k_{Q_1} \left(\frac{\Delta l}{H} \right)$$

Coeficienţii k_{p_1} şi k_{Q_1} se calculează folosind valorile numerice cunoscute pentru P şi Q funcţie de variabila p. Curbele obţinute sînt reprezentate în figura 3. Cu acestea se scrie matricea $\| S \| = \| Q' \| - j \| P' \|$ pentru linia cu conductoarele dispuse vertical din figura 4, luînd conductorul din mijloc ca punct de referinţă şi notînd simplificat pentru acesta :

$$S'_0 = Q' - JP' \quad ; \qquad k_1 = k_{Q_1} - j\, k_{p_1}$$

în forma :

$$\| S \| = \left\| \begin{matrix} S'_0 + k_1 \frac{2d}{2h} & S_0 + k_1 \frac{d}{2h} & S_0 \\ S_0 + k_1 \frac{d}{2h} & S'_0 & S_0 - k_1 \frac{d}{2h} \\ S_0 & S_0 - k_1 \frac{d}{2h} & S'_0 - k_1 \frac{2d}{2h} \end{matrix} \right\|$$

Pentru a simplifica calculele se neglijează în primă aproximaţie rezistenţa conductoarelor şi inductivitatea interioară şi se obţine:

$$\|S\| = S_0 \cdot \begin{Vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{Vmatrix} + k_1 \frac{d}{2h} \begin{Vmatrix} 2 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & -2 \end{Vmatrix}$$

O expresie relativ simplă, care permite să se efectueze calculul şi în continuare analitic.

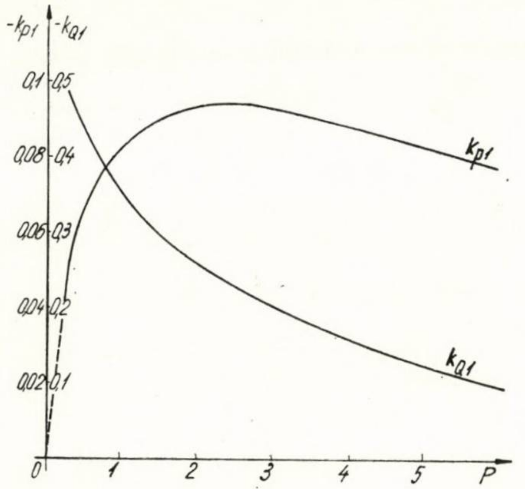


Fig. 3

Componentele modale la linia verticală fără conductor de protecţie

Constantele de propagare modale şi matricele de transformare se calculează folosind transformarea prealabilă în componente α, β, 0. Pentru a transforma matricea D în componente α, β, 0 se foloseşte relaţia:

$$\|D_{\alpha\beta0}\| = \|T_{\alpha\beta0}\|^{-1} \cdot \|S\| \cdot \|l\|^{-1} \cdot \|T_{\alpha\beta0}\| =$$

$$= \|T_{\alpha\beta0}\|^{-1} \cdot \|S\| \cdot \|T_{\alpha\beta0}\| \cdot \|T_{\alpha\beta0}\|^{-1} \cdot \|l\|^{-1} \cdot \|T_{\alpha\beta0}\| =$$

$$= \|S_{\alpha\beta0}\| \cdot \|l_{\alpha\beta0}\|^{-1}$$

adică se transformă pe rînd matricile $\|S\|$ şi $\|l\|^{-1}$.

Matricea logaritmilor $\|l\|$ are, cu notaţiile din figura 4, expresia:

$$\|l\| = \begin{Vmatrix} \ln\frac{2h+2d}{r} & \ln\frac{2h+d}{d} & \ln\frac{2h}{2d} \\ \ln\frac{2h+d}{d} & \ln\frac{2h}{r} & \ln\frac{2h-d}{d} \\ \ln\frac{2h}{2d} & \ln\frac{2h-d}{d} & \ln\frac{2h-2d}{r} \end{Vmatrix}$$

în care s-a notat cu r raza conductoarelor. Deoarece $\frac{d}{2h} \ll 1$ se poate aproxima expresia logaritmilor cu $\ln a\,(1+x) = \ln a + \ln(1+x) \cong \ln a + x$ şi se obţine:

$$\|l\| = \begin{Vmatrix} \ln\frac{2h}{r} & \ln\frac{2h}{d} & \ln\frac{h}{d} \\ \ln\frac{2h}{d} & \ln\frac{2h}{r} & \ln\frac{2h}{d} \\ \ln\frac{h}{d} & \ln\frac{2h}{d} & \ln\frac{2h}{r} \end{Vmatrix} + \frac{d}{2h} \begin{Vmatrix} 2 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & -2 \end{Vmatrix}$$

Transformînd această matrice în componente α, β, 0 se obţine:

$$\|l_{\alpha\beta0}\| = \begin{Vmatrix} F & 0 & \delta \\ 0 & G & \varepsilon \\ \delta & \varepsilon & H \end{Vmatrix}$$

în care $F = \ln\frac{2d}{r} - \frac{4}{3}\ln 2$;

$$H = \ln\frac{2h}{r} + 2\ln\frac{h}{d} + \frac{4}{3}\ln 2$$

$$G = \ln\frac{2d}{r} \qquad \delta = \frac{\sqrt{2}}{3}\ln 2 \tag{9}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{3}{2}} \cdot \frac{d}{h}$$

iar $\|l_{\alpha\beta0}\|^{-1}$ devine, dacă se ţine seama şi de faptul că F, G, $H \gg \delta$, ε:

$$\|l_{\alpha\beta0}\|^{-1} = \begin{Vmatrix} \frac{1}{F} & 0 & -\frac{\delta}{FH} \\ 0 & \frac{1}{G} & -\frac{\varepsilon}{GH} \\ -\frac{\delta}{FH} & -\frac{\varepsilon}{GH} & \frac{1}{H} \end{Vmatrix}$$

Analog se transformă şi matricea $\|S\|$ în componente α, β, 0 şi se obţine:

$$\|S_{\alpha\beta0}\| = \begin{Vmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & k_1' \\ 0 & k_1' & 3S_0 \end{Vmatrix}$$

în care s-a notat:

$$\sqrt{\frac{3}{2}} \cdot \frac{d}{h} k_1 = k_1'$$

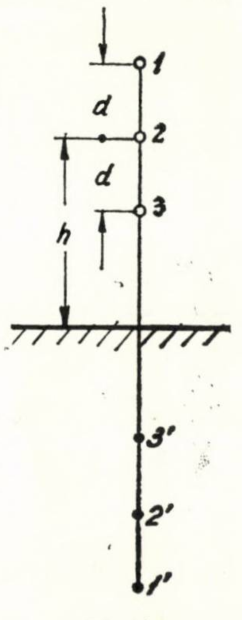


Fig. 4

iar matricea $\|D\|$ devine cu acestea:

$$\| D_{\alpha\beta 0} \| = \begin{Vmatrix} 0 & 0 & 0 \\ -\dfrac{k'_1\delta}{FH} & -\dfrac{\varepsilon k'_1}{GH} & \dfrac{k'_1}{H} \\ -\dfrac{3S_0\delta}{FH} & \dfrac{k'_1}{G}-\dfrac{3S_0}{GH} & \dfrac{3S_0}{H}-\dfrac{k'_1}{GH} \end{Vmatrix}$$

Analizînd forma acestei matrice se observă că componentele α, β, 0 sînt apropiate de cele modale, deoarece elementele nediagonale sînt mici.

Pentru a obţine componentele modale se determină în continuare valorile proprii ale matricei, care rezultă egale cu:

$$\lambda_1 = 0$$

$$\lambda_2 = -\frac{k'^2_1}{3S_0\,G} \cong 0 \qquad (10)$$

$$\lambda_3 = \frac{3S_0}{H} - \frac{2\,\varepsilon k'_1}{GH} + \frac{k'^2_1}{3\,S_0 G} \cong \frac{3S_0}{H}$$

Componentele modale 1 şi 2 se propagă deci neatenuat pe linie cu viteza V_0, iar componenta 3 este puternic atenuată datorită pierderilor în pămînt. Cu $\gamma_3 = \alpha_3 + j\beta_3 = j\,\dfrac{\omega}{V_0}\,(1 + \lambda_3)$ se obţine:

$$\alpha_3 = \frac{\omega}{V_0}\cdot\frac{3P}{H}; \quad \beta_3 = \frac{\omega}{V_0}\left(1 + \frac{3Q}{H}\right) \qquad (11)$$

iar viteza de propagare a componentei 3 este egală cu:

$$V_3 = \frac{\omega}{\beta_3} = \frac{V_0}{1 + \dfrac{3Q}{H}}$$

În realitate atît componentele 1 cît şi 2 sînt puţin atenuate datorită rezistenţei conductoarelor şi după efectuarea calculelor se obţine:

$$\lambda_1 = \lambda_2 \cong \frac{\pi}{\mu_0\omega}\cdot\frac{R}{F}$$

Pentru a obţine matricea $\| T_{\substack{u\\m}} \|$, prin care se transformă componentele α, β, 0 în componente modale, se determină vectorii proprii corespunzători valorilor proprii λ_1, λ_2, λ_3 şi se obţine:

$$\| T_{\substack{u\\m}} \| = \begin{Vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & \dfrac{k'_1}{3S_0} \\ \dfrac{\delta}{F} & \dfrac{1}{G}\left(\varepsilon - \dfrac{k'_1 H}{3S_0}\right) & 1 \end{Vmatrix} \qquad (12)$$

Matricea de transformare în componente modale din mărimile de fază are deci expresia:

$$\| T_u \| = \begin{Vmatrix} -\dfrac{1}{\sqrt{6}} + \dfrac{1}{\sqrt{3}}\cdot\dfrac{\delta}{F} & \dfrac{1}{\sqrt{2}} + \dfrac{1}{\sqrt{3}}\,\dfrac{1}{G}\left(\varepsilon - \dfrac{k'_1 H}{3S_0}\right) & \dfrac{1}{\sqrt{3}} + \dfrac{1}{\sqrt{2}}\,\dfrac{k'_1}{3S_0} \\ \sqrt{\dfrac{2}{3}} + \dfrac{1}{\sqrt{3}}\,\dfrac{\delta}{F} & \dfrac{1}{\sqrt{3}}\,\dfrac{1}{G}\left(\varepsilon - \dfrac{k'_1 H}{3S_0}\right) & \dfrac{1}{\sqrt{3}} \\ -\dfrac{1}{\sqrt{6}} + \dfrac{1}{\sqrt{3}}\,\dfrac{\delta}{F} & -\dfrac{1}{\sqrt{2}} + \dfrac{1}{\sqrt{3}}\,\dfrac{1}{G}\left(\varepsilon - \dfrac{k'_1 H}{3S_0}\right) & \dfrac{1}{\sqrt{3}} - \dfrac{1}{\sqrt{2}}\,\dfrac{k'_1}{3S_0} \end{Vmatrix}$$

Matricea pentru transformarea curenţilor rezultă imediat folosind relaţia:

$$\| T_{\substack{u\\m}} \|' \cdot \| T_{\substack{i\\m}} \| = \| 1 \|$$

şi este de forma:

$$\| T_{\substack{i\\m}} \| = \begin{Vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -\dfrac{k'_1}{3\,S_0} \\ -\dfrac{\delta}{F} & -\dfrac{1}{G}\left(\varepsilon - \dfrac{k'_1 H}{3\,S_0}\right) & 1 \end{Vmatrix}$$

adică are faţă de matricea $\| T_{\substack{u\\m}} \|$ semnul schimbat la elementele nediagonale.

Se observă deci că practic componentele modale 1 şi 2 se propagă neatenuat şi cu viteza undelor electromagnetice în vid, iar componenta 3 este puternic influenţată de prezenţa pămîntului, adică are o atenuare mare şi o viteză de propagare substanţial mai mică decît V_0.

Matricea de transformare din componente α, β, 0 în cele modale este simplă şi arată că componentele 1 şi 2 diferă de α şi β printr-o componentă homopolară mică, iar componenta 3 se compune din componenta homopolară şi o mică componentă β.

Componentele modale la o linie verticală cu conductor de protecţie

Pentru a putea analiza şi influenţa conductorului de protecţie, se consideră linia din figura 5 şi se admite că firul de protecţie are potenţialul egal cu zero pe toată lungimea lui, cu toate că este legat la pămînt numai în puncte discrete. Calculul se poate efectua în acelaşi mod ca în cazul precedent, doar că matricele

$\|l\|$ şi $\|S\|$ sînt de ordinul 4. Problema se poate însă simplifica deoarece curentul prin conductorul de protecţie nu interesează. Scriind pentru linia considerată ecuaţiile lui Maxwell de forma I matricial se obţine cu notaţiile din figura 5:

$$V_{(4)} = \left\| \begin{array}{c} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ \hdashline 0 \end{array} \right\| = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0} \left\| \begin{array}{ccc:c} \ln\frac{2h+2d}{r} & \ln\frac{2h+d}{d} & \ln\frac{h}{d} & \ln\frac{2h_p-e}{e} \\ \ln\frac{2h+d}{d} & \ln\frac{2h}{r} & \ln\frac{2h-d}{d} & \ln\frac{2h_p-d-e}{e+d} \\ \ln\frac{h}{d} & \ln\frac{2h-d}{d} & \ln\frac{2h-2d}{r} & \ln\frac{2h_p-2d-e}{2d+e} \\ \hdashline \ln\frac{2h_p-e}{e} & \ln\frac{2h_p-d-e}{e+d} & \ln\frac{2h_p-2d-e}{2d+e} & \ln\frac{2h_p}{r_p} \end{array} \right\| \cdot \left\| \begin{array}{c} Q_1 \\ Q_2 \\ Q_3 \\ \hdashline Q_4 \end{array} \right\| =$$

$$= \frac{1}{2\pi\varepsilon_0} \left\| \begin{array}{cc} \|l\| & \|l_r\| \\ \|l_r\|' & \|l_p\| \end{array} \right\| \cdot \|Q_{(4)}\|$$

Indicele (4) la matrice înseamnă că ele sînt de ordinul 4, adică conţin şi mărimea corespunzătoare conductorului de protecţie. Ecuaţia matricială poate fi rezolvată în raport cu $\|V\|$ şi se obţine:

$$\|V\| = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0}(\|l\| - \|l_r\| \cdot \|l_p\|^{-1} \cdot \|l_r\|') \cdot \|Q\|.$$

Înseamnă că în locul liniei cu patru conductoare se poate folosi o linie echivalentă cu numai trei conductoare avînd matricea logaritmilor echivalentă:

$$\|l_{ech}\| = \|l\| - \|l_r\| \cdot \|l_p\|^{-1} \cdot \|l_r\|' = \|l\| - \frac{1}{l_p}\|l_r\| \cdot \|l_r\|'$$

Folosind acelaşi raţionament se poate determina şi matricea echivalentă $\|S_{ech}\|$ în forma:

$$\|S_{ech}\| = \|S\| - \frac{1}{S_p}\|S_r\| \cdot \|S_r\|'.$$

În continuare calculele sînt identice ca în cazul liniei fără conductor de protecţie. Pentru a efectua calculele sub forma generală se notează matricea:

$$\|l_r\| = \left\| \begin{array}{c} a \\ b \\ c \end{array} \right\|$$

După transformarea matricei $\|l_{ech}\|$ în componente α, β, 0, se obţine:

$$\|\underset{\alpha\beta 0}{l_{ech}}\| \cong \left\| \begin{array}{ccc} F & 0 & \delta \\ 0 & G & \varepsilon \\ \delta & \varepsilon & H \end{array} \right\| - \frac{1}{l_p} \left\| \begin{array}{ccc} \frac{(-a+2b-c)^2}{6} & 0 & \frac{(a+b+c)(-a+2b-c)}{3\sqrt{2}} \\ 0 & \frac{(a-c)^2}{2} & \frac{(a-c)(a+b+c)}{6} \\ \frac{(a+b+c)(-a+2b-c)}{3\sqrt{2}} & \frac{(a-c)(a+b+c)}{6} & \frac{(a+b+c)^2}{3} \end{array} \right\| =$$

$$= \left\| \begin{array}{ccc} F_{ech} & 0 & \delta_{ech} \\ 0 & G_{ech} & \varepsilon_{ech} \\ \delta_{ech} & \varepsilon_{ech} & H_{ech} \end{array} \right\|$$

adică o formă similară ca în cazul liniei fără conductor de protecţie cu F_{ech}, G_{ech}, H_{ech}, δ_{ech}, ε_{ech} puţin mai mici decît F, G, H, δ, ε. Pentru calculele practice se poate neglija modificarea lor şi se poate considera $\|\underset{\alpha\beta 0}{l_{ech}}\| \cong \|l_{\alpha\beta 0}\|$.

Transformînd şi matricea $\|S_{ech}\|$ în componente α, β, 0, se obţine:

$$\|\underset{\alpha\beta}{S_{ech}}\| = \left\| \begin{array}{ccc} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & k_1' - k_p^1 \\ 0 & k_1' - k_p' & 3S_0 - 3S_p - 3k_p\frac{e+d}{h_p} \end{array} \right\| =$$

$$= \left\| \begin{array}{ccc} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & k'_{ech} \\ 0 & k'_{ech} & 3S_{ech} \end{array} \right\|$$

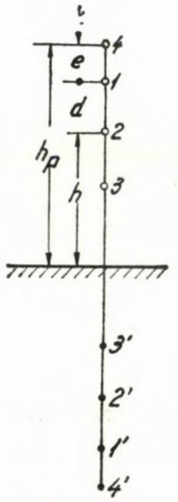


Fig. 5

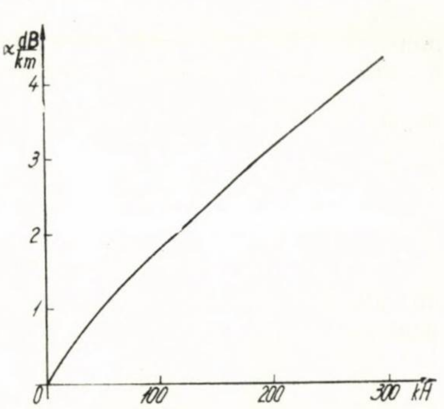


Fig. 6

în care

$$k'_p = \sqrt{\frac{3}{2}} \cdot \frac{d}{h_p} k_p.$$

Calculul în continuare este identic cu cel precedent, adică se pot folosi direct relaţiile (10), (11), (12). Se observă că valorile constantelor de propagare pentru componentele 1 şi 2 nu se modifică practic, dar cea pentru componenta 3 scade mult şi de asemenea se modifică matricea de transformare.

Rezultatele obţinute pot fi aplicate, cu o foarte bună aproximaţie, şi în cazul liniilor la care conductoarele nu sînt dispuse perfect vertical, deoarece factorul hotărîtor este înălţimea conductorului.

La liniile cu dublu circuit, există în realitate şase componente modale corespunzător celor şase tensiuni. Componentele care apar datorită celui de-al doilea circuit sînt însă mici, şi de interes practic rămîn şi în acest caz componentele modale proprii 1, 2, 3.

Exemplu de calcul

Se consideră o linie de înaltă tensiune cu conductoarele pe verticală cu dimensiunile: $h = 20$ m; $d = 6{,}2$ m; $h_p = 35{,}4$ m; $e = 9{,}2$ m (fig. 5) cu conductor fascicular la distanţa 0,4 m, cu secţiunea de 330 mm² şi conductor de protecţie de 120 mm².

Dacă se neglijează influenţa conductorului de protecţie se obţin cu relaţiile (9) elementele matricei

$$||l_{\alpha\beta_0}|| = \begin{Vmatrix} 4{,}38 & 0 & 0{,}326 \\ 0 & 5{,}3 & 0{,}38 \\ 0{,}326 & 0{,}38 & 9{,}71 \end{Vmatrix}$$

Pentru frecvenţa de 100 kHz şi admiţînd $\rho = 10^3$ Ωm, rezultă înălţimea echivalentă $p = 1{,}12$ şi din tabele [7]: $S_0 = Q - jP = 0{,}47 - j\ 0{,}248$. Factorul k_1 se determină din curbele date în figura 3 şi rezultă egal cu $k_1 = -(0{,}34 - j\ 0{,}084)$. Cu acestea se obţin valorile proprii cu relaţiile (10) egale cu:

$$\lambda_1 = 0; \quad \lambda_2 = 0; \quad \lambda_3 = 0{,}145 - j\ 0{,}077.$$

Constanta de atenuare a componentei 3 obţine cu relaţia (11) valoarea $\alpha_3 = 1{,}85$ dB/km, iar viteza de propagare este $V_3 = 2{,}63 \cdot 10^5$ km/s.

Dacă se efectuează calculele numerice folosind metoda exactă cunoscută din literatură, se obţine $\lambda'_3 = 0{,}149 - j\ 0{,}078$, adică $\alpha'_3 = 1{,}88$ dB/km şi $V'_3 = 2{,}62 \cdot 10^5$ km/s.

Matricea de transformare pentru tensiuni rezultă folosind relaţiile (12) şi (6):

$$||T_{\underset{m}{u}}|| = \begin{Vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -0{,}081 + j\,0{,}02) \\ 0{,}075 & 0{,}22 + j\,0{,}037 & 1 \end{Vmatrix}$$

şi

$$||T_u|| = \begin{Vmatrix} -0{,}366 & 0{,}837 + j\,0{,}0215 & 0{,}522 - j\,0{,}014 \\ 0{,}864 & 0{,}127 + j\,0{,}0215 & 0{,}58 \\ -0{,}366 & -0{,}583 + j\,0{,}0215 & 0{,}638 + j\,0{,}0141 \end{Vmatrix}$$

Dacă se consideră şi conductorul de protecţie, se obţine:

$$||l_{\underset{\alpha\beta 0}{ech}}|| = \begin{Vmatrix} 4{,}38 & 0 & 0{,}326 \\ 0 & 5{,}24 & 0{,}205 \\ 0{,}326 & 0{,}205 & 9{,}14 \end{Vmatrix}$$

şi înălţimea echivalentă pentru conductorul de protecţie $p_p = 1{,}98$ şi $S_p = 0{,}305 - j\,0{,}192$, respectiv $k_p = (0{,}26 - j\,0{,}094)$.

Cu aceste date rezultă pentru componenta 3: $\alpha_3 = 0{,}765$ dB/km şi $V_3 = 2{,}75 \cdot 10^5$ km/s, iar matricea de transformare $||T_{\underset{m}{u}}||$ devine:

$$||T_{\underset{m}{u}}|| = \begin{Vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -(0{,}083 + j\,0{,}0142) \\ 0{,}075 & 0{,}183 + j\,0{,}0245 & 1 \end{Vmatrix}$$

Pentru a evidenţia influenţa pămîntului asupra amortizării undelor de frecvenţă înaltă, s-a reprezentat în figura 6 variaţia constantei de atenuare pentru linia considerată, funcţie de frecvenţă.

Concluzii

Calculul componentelor modale poate fi mult simplificat prin aplicarea unei transformări în două etape folosind ca treaptă intermediară componentele α, β, 0. Sistemul de componente este avantajos deoarece matricea de transformare are numai elemente reale şi prin aplicarea ei se obţin matrice mai simple, adică cu mai multe elemente egale cu zero. Prin folosirea unei dezvoltări în serie a funcţiilor de corecţie P şi Q determinate de Carson, se pot efectua calculele sub formă analitică, obţinîndu-se expresii relativ simple atît pentru constantele de propagare modale cît şi pentru matricele de transformare.

Din relaţiile obţinute se constată că atenuarea componentelor 1 şi 2 este foarte mică şi ea se datorează numai rezistenţei conductoarelor şi nu este influenţată de pămînt. Componenta 3 este puternic influenţată de pămînt, are o atenuare mare şi o viteză de propagare mai mică decît V_0. Constanta de propagare pentru componenta 3 depinde mult şi de prezenţa conductorului de protecţie.

Erorile ce rezultă prin folosirea metodei de aproximare sînt mici faţă de valorile obţinute cu metoda exactă şi sînt neesenţiale deoarece şi la calculul exact există deosebiri faţă de valorile măsurate datorită mai multor factori care influenţează propagarea undelor şi de care nu se poate ţine seama în calcule.

Metoda propusă are avantajul că permite o determinare imediată a mărimilor modale folosind două tabele şi evită calculul numeric greoi al metodei generale.

Bibliografie

[1] Hedman, D. E. *Propagation on overhead transmission lines*. Pt. I, II. IEEE Transactions PAS, nr. 3, 1965, p. 200.

[2] Wedepohl, I. M. *Application of matrix methods to solution of traveling wave phenomena in polyphase systems*. Proceedings IEE nr. 12, 1963, p. 2200.

[3] Ushirozawa, M. *High frequency propagation on nontransposed power lines.* IEEE Transactions PAS nr. 11, 1964, p. 1116.

[4] Wagner, E. şi Semlyen, A. *Vereinfachte Berechnung der Modalparameter von Hochspannungsfreileitungen mit nebeneinanderliegenden Leitern.* Archiv für Elektrotechnik, *52*, nr. 4, 1969, p. 240.

[5] Carson, I. R. *Wave propagation in overhead wires with ground return.* Bell System Technical Journal nr. 5, 1926, p. 539.

[6] Wagner, E. *Contribuţii la calculul supratensiunilor de comutaţie la linii aeriene trifazate.* Studii şi cercetări de energetică şi electrotehnică, *19*, nr. 2, 1969, p. 377.

[7] Hylten Cavallius, N. şi Gjerlov, P. *Distorsion of traveling waves in high voltage power lines.* ASEA Research nr. 2, 1959, p. 147.

(Articol intrat în redacţie la 12 noiembrie 1970)

Recenzii

V. A. VENIKOV. **Procesele electromecanice tranzitorii ale sistemelor electroenergetice.** Editura Vîsşaia Şkola, Moscova, 1970.

În editura ,,Vîsşaia Şkola'' din Moscova a apărut a doua ediţie a lucrării ,,Procesele electromecanice tranzitorii ale sistemelor electroenergetice'', de V. A. Venikov, profesor doctor în ştiinţe tehnice, laureat al premiului Lenin, laureat al premiului Iablocikov al Academiei de ştiinţe a U.R.S.S. Prof. dr. V. A. Venikov este în acelaşi timp şeful catedrei de Sisteme electrice a Facultăţii de electroenergetică din Institutul energetic din Moscova, în cadrul căruia lucrează de peste 30 de ani. Sub conducerea sa se desfăşoară lucrările complexe de cercetare a stabilităţii regimurilor şi proceselor tranzitorii în sistemele electroenergetice, în liniile de transport al energiei electrice la mare distanţă, precum şi în domeniul modelării fizice şi matematice şi al aplicării metodelor cibernetice la rezolvarea problemelor energetice. Aceste cercetări, în special studiul proceselor tranzitorii în sistemele energetice complexe, reprezintă orientarea ştiinţifică a autorului cărţii ,,Procesele electromecanice tranzitorii ale sistemelor electroenergetice''.

Personalitatea prof. dr. V. A. Venikov este bine cunoscută specialiştilor electroenergeticieni prin cele peste 200 de articole, 25 de cărţi şi broşuri şi 20 de invenţii. De asemenea, ca urmare a iniţiativei sale, în institutele de învăţămînt superior din U.R.S.S. a fost introdusă în ultimii ani o nouă specialitate: cibernetica sistemelor electrice.

A doua ediţie, revăzută şi completată, a acestei cărţi reprezintă un manual ce reflectă conţinutul cursului ,,Procese tranzitorii în sistemele electrice'', pe care prof. dr. V. A. Venikov şi colaboratorii săi îl predau de mai mulţi ani la Facultatea de electroenergetică a Institutului energetic din Moscova.

În ansamblul problemelor proceselor tranzitorii, un loc deosebit este rezervat problemei stabilităţii.

Caracteristica esenţială a cursului este orientarea către expunerea naturii problemelor fizice. În această concepţie, autorul nu şi-a propus să expună teoria matematică a stabilităţii şi nici să transforme cursul într-un îndreptar complet de efectuare a calculului proceselor electromecanice tranzitorii ale sistemelor electrice complexe. Cursanţii obţin nu atît o prezentare a tehnicii de calcul, cît mai ales elementele necesare înţelegerii problemelor şi influenţei aproximaţiilor admise la efectuarea calculelor şi a evaluării practice inginereşti a rezultatelor obţinute.

Metodele analitice de investigaţie sînt expuse în principal pentru a facilita înţelegerea proceselor şi a acelor metode complexe de analiză care se aplică în practica proiectării şi exploatării sistemelor electrice.

Autorul şi-a propus ca, în paralel cu expunerea metodelor de cercetare a regimurilor tranzitorii, să prezinte şi măsurile care să asigure funcţionarea normală a sistemului la perturbaţii mici (stabilitatea statică) şi o funcţionare stabilă în regimurile postavarii (stabilitatea dinamică). Ca urmare, cursul cuprinde studiul proceselor tranzitorii, stabileşte normele şi regimurile postavarii; sînt prezentate condiţiile de existenţă a acestor regimuri şi sînt indicate căile de găsire a parametrilor acestora.

Se presupune că sistemele examinate în cadrul cursului sînt sisteme automatizate. Prin regim de funcţionare al unui sistem automatizat se înţelege, în cadrul cursului, o serie de procese tranzitorii distincte, la care participă instalaţii de automatizare ce reacţionează la perturbaţiile regimului sistemului şi care, la rîndul lor, determină reacţii de răspuns ale sistemului. Rezultă, deci, că cunoaşterea caracterului proceselor tranzitorii, care apar după perturbaţii, este necesară în vederea evaluării eficienţei funcţionării instalaţiilor de reglaj automat.

Problemele legate de construcţia instalaţiilor de reglare automată şi analiza caracteristicilor lor interne nu sînt examinate în cadrul acestui curs.

Prima parte (capitolele I, II, III, IV şi V) este rezervată prezentării elementelor de bază, care să permită înţelegerea expunerii în celelalte capitole.

În capitolul I se precizează noţiunile de bază şi definiţiile privind:

— sistemul electroenergetic şi natura instalaţiilor componente (elemente de forţă şi elemente de conducere);

— regimurile sistemelor electroenergetice stabilizate (normale, de avarie, postavarie), tranzitorii (normale, de avarie);

— stabilitatea statică;

— stabilitatea dinamică.

Capitolul II cuprinde expunerea categoriilor de factori perturbatori şi influenţa acestora asupra desfăşurării proceselor tranzitorii, precum şi a premiselor, admise în cadrul cursului, privind condiţiile de neliniaritate ale parametrilor sistemului şi ai regimului. Acest capitol conţine şi schemele echivalente ale elementelor de putere de bază ale sistemului: linii de înaltă tensiune, motoare asincrone, transformatoare, generatoare. De asemenea, sînt prezentate caracteristicile sistemelor care conţin un număr oarecare de elemente neliniare, schemele structurale ale sistemelor şi formulele care determină sarcinile maxime în elementele sistemului.

Capitolul III prezintă considerentele de bază privind analiza regimurilor sistemelor electrice:

— condiţiile care trebuie asigurate prin funcţionarea sistemului;

— condiţiile de existenţă ale regimului sistemului;

— evaluarea stabilităţii regimului staţionar (stabilitate statică) şi a regimului tranzitoriu (stabilitate dinamică);

— calitatea proceselor tranzitorii.

Capitolul IV este consacrat studiului funcţionării generatorului sincron care debitează pe o sarcină complexă prin intermediul unui sistem de bare de tensiune şi frecvenţă constantă.

În capitolul V sînt prezentate ecuaţiile mişcării rotorului generatorului în sistemul de unităţi relative.

A doua parte (capitolele VI, VII şi VIII) prezintă criteriile practice de stabilitate statică (cap. VI), criteriile simplificate de stabilitate dinamică şi stabilitate rezultantă (cap. VII), precum şi probleme referitoare la desfăşurarea proceselor în timp ca urmare a acţiunii perturbaţiilor mari şi mici (cap. VIII).

Partea a treia (capitolele IX şi X) este consacrată analizei stabilităţii statice a sistemelor electrice simple (un generator care alimentează un consumator prin intermediul unei linii de înaltă tensiune), bazată pe metoda micilor oscilaţii. Se prezintă ecuaţiile fundamentale ale proceselor tranzitorii în cazul unor perturbaţii mici şi, respectiv, al unor variaţii de viteză mici. Se stabileşte legătura între caracterul rădăcinilor ecuaţiei caracteristice şi caracterul procesului, indicîndu-se posibilităţile de determinare a caracterului procesului cu ajutorul criteriilor matematice de stabilitate.

Analiza stabilităţii statice este prezentată pornind de la sistemele simple fără reglarea excitaţiei cu şi fără considerarea fenomenelor tranzitorii în înfăşurarea de excitaţie (cap. IX).

În capitolul X se studiază stabilitatea statică în sistemele simple prevăzute cu sisteme de reglare automată a excitaţiei (sisteme de tip proporţional, cu excitaţie forţată, cu zonă de sensibilitate).

În capitolele XI şi XII autorul se ocupă de analiza proceselor tranzitorii în nodurile consumatoare ale sistemelor energetice, în prezenţa perturbaţiilor mici şi a perturbaţiilor mari.

Se analizează astfel de fenomene, care apar la consumatori în timpul desfăşurării proceselor tranzitorii, ca:

— avalanşă de tensiune;
— scăderi lente de tensiune;
— pornirea motoarelor electrice;
— autoexcitaţia motoarelor asincrone;
— procesle tranzitorii în timpul pornirii motoarelor asincrone de putere comparabilă cu a sursei de alimentare;
— variaţiile rapide în sistemul consumatorilor;
— autopornirea motoarelor;
— anclanşarea şi declanşarea automată repetată a alimentării cu energie electrică etc.

Partea a cincea este consacrată analizei proceselor tranzitorii în sistemele electrice complexe, astfel:

— Caracteristicile sistemelor electrice cu multe generatoare (cap. XIII);
— Stabilitatea sistemelor complexe în regimuri normale (cap. XIV);
— Variaţia de frecvenţă şi putere în sistemele electroenergetice (cap. XV);
— Stabilitatea dinamică a sistemelor electrice (studiul perturbaţiilor mari în cazul variaţiilor mici de viteză (cap. XVI);
— Stabilitatea dinamică a sistemelor electrice (sisteme complexe, considerarea regulatoarelor de tensiune şi de viteză (cap. XVII);
— Procesele tranzitorii şi stabilitatea sistemelor electrice interconectate prin linii de înaltă tensiune de capacitate de transport relativ redusă (cap. XVIII).

Problemele analizei proceselor tranzitorii şi ale determinării stabilităţii în condiţiile acţiunii perturbaţiilor mari şi variaţiilor mari de viteză sînt prezentate în partea a şasea, care tratează următoarele probleme:

— Regimuri asincrone, resincronizarea şi stabilitatea rezultantă (cap. XIX);
— Procesele tranzitorii în timpul punerii în funcţiune a generatoarelor sincrone (cap. XX);
— Anclanşarea automată repetată nesincronă (cap. XXI);
— Precizări privind abordarea practică a analizei proceselor tranzitorii (cap. XXII).

În ultima parte a cursului sînt plasate două capitole de o deosebită importanţă practică, şi anume:

— Indicaţii metodologice şi normative privind analiza proceselor tranzitorii şi a stabilităţii sistemelor electrice (cap. XXIII);
— Măsuri privind îmbunătăţirea stabilităţii şi a calităţii proceselor tranzitorii ale sistemelor electrice (cap. XXIV).

Examinarea atentă a concepţiei puse la baza expunerii cursului, a sistematizării materialului, a structurii cursului şi a fiecărui capitol, ca şi sfera de cuprindere a problemelor legate de analiza proceselor tranzitorii şi a stabilităţii sistemelor electroenergetice, conduce la concluzia că lucrarea are o deosebită valoare didactică şi tehnico-ştiinţifică.

Preocupat de necesitatea înţelegerii naturii fenomenelor fizice complexe care au loc în timpul desfăşurării proceselor tranzitorii electromecanice în sistemele electroenergetice, autorul a sistematizat expunerea asftel încît cititorul să dispună de toate informaţiile de ordin practic şi teoretic. În acest scop, expunerea propriu-zisă a problemelor de fond este precedată de o parte pregătitoare deosebit de utilă, în care sînt definite noţiunile de bază şi sînt precizaţi parametrii prin intermediul cărora se deduc şi se exprimă modelele matematice ale fenomenelor complexe analizate, sînt explicate condiţiile de funcţionare a sistemelor, cerinţele tehnice pe care trebuie să le satisfacă acestea etc.

Analiza fenomenelor este prezentată în mod gradat, complexitatea acestora crescînd de la exemple simple, didactice, pînă la cele corespunzătoare sistemelor electroenergetice reale care constituie terenul de lucru al specialiştilor din acest domeniu.

Expunerea cursului reflectă concepţia cibernetică a autorului asupra sistemelor electroenergetice, care sînt privite ca sisteme complexe de tip cibernetic.

Cititorul poate găsi tratate în acest curs probleme legate de desfăşurarea proceselor tranzitorii nu numai în sistemul de producere, ci şi în sistemul receptorilor de energie electrică.

Numeroasele exemple de calcul afectate fiecărui capitol contribuie la facilitarea asimilării materialului.

Cartea este de o deosebită utilitate studenţilor în energetică şi electrotehnică, specialiştilor din institutele de studii şi cercetări de specialitate, precum şi celor care lucrează în serviciile de regimuri din cadrul Dispecerului naţional.

Dr. ing. **N. Chirculescu**

Informaţii tehnice

Trei centrale electrice pentru incinerarea deşeurilor Parisului elimină cea mai mare parte din totalul anual de deşeuri de 1 600 000 t. Aceste centrale, care produc energie electrică şi abur pentru termoficare, sînt: Saint-Ouen, în serviciu din 1954, care arde 380 000 t/an, Issy-les-Moulieux (1965) 500 000 t/an şi Ivry (1969) 600 000 t/an. Puterea calorifică a deşeurilor Parisului a crescut cu timpul. În centrala Ivry, de exemplu, ele au în medie o puterea calorifică de 1800 kcal/kg, apropiată de a lignitului. Această centrală are două cazane, fiecare cu debitul de abur de 126 t/h, 80 bari şi 470°C, alimentînd un grup de 64 MW cu o producţie de 140 MWh pe an.

(„L' Elettrotecnica", nr. 3 bis, 1971)

În timp ce în 1969 s-au comandat în R. F. a Germaniei trei blocuri nucleare cu un total de 2400 MW (Biblis, Brunsbüttel şi Borssele), în 1970 au fost comandate numai două blocuri nucleare totalizînd 1200 MW (Philippsburg şi Schwechausen). Cauzele micşorării comenzilor au fost preţurile sporite ale centralelor nucleare şi avantajele oferite de gazul natural pentru centrale termoelectrice convenţionale.

(„Brennstoff-Wärme-Kraft, nr. 2, 1971)

Energomaşexport a încheiat în 1970 un contract cu Finlanda pentru livrarea, în perioada 1971—1976, a unei cantităţi de energie de 0,6 miliarde kWh pe an, la puterea maximă de 100 MW. De asemenea, a semnat un contract cu Ungaria pentru a livra, în perioada 1971—1975, 4—4,2 miliarde kWh anual la o putere maximă de 750 MW.

("Commerce Exterieur" U.R.S.S. nr. 5, 1971)

Cea mai mare întreprindere de distribuţie electrică a S.U.A., „American Electric Power Systems" (AEP) din New York, a comandat la ASEA şapte transformatoare mari în valoare de 3 milioane dolari. Aceste transformatoare, monofazice, sînt fiecare de 500 MVA, pentru tensiunea de 765 kV. În total AEP are 30 transformatoare de 765 kV cu o putere totală de 14 000 MVA, asigurînd transportul energiei electrice pe o lungime de peste 2000 km pentru şase state federale importante.

("Maschine Werkzeug", nr. 12, 1970)

Consumul de energie electrică din R.F.a Germaniei a crescut în perioada 1959—1969 în medie cu 7,8 % pe an, în timp ce produsul social brut a crescut numai cu 5,1 % și consumul de energie primară cu 4,6 % pe an. Întreprinderile de energie electrică au investit în acești zece ani mai mult de $34 \cdot 10^9$ DM, din care numai în 1969 $3,7 \cdot 10^9$ DM. Cota de energie nucleară din total a crescut în acest interval de la 0 la 3,3 %, energia electrică provenită din gaze naturale de la 0,1 la 4,3 % și partea ce revine combustibilului lichid de la 0,9 la 9,5 %. Cota ce revine cărbunelui a scăzut de la 46,6 % la 38,6 %. Pentru producția de energie electrică s-a folosit în 1969 un total de $26,1 \cdot 10^9$ t (26 % din consumul total din R.F. a Germaniei). La finele anului 1969 puterea centralelor nucleare a fost de 933 MW. Durata de utilizare medie anuală a tuturor centralelor a fost de 4600 ore. Cea mai înaltă utilizare au avut-o centralele termoelectrice cu lingit — 7000 h/an — urmate de centralele nucleare și centralele termoelectrice pe gaze, 5800 h/an.

('' Brennstoff—Wärme—Kraft'', nr. 2, 1971)

Se estimează că, pînă în 1980, numai în S.U.A. va fi disponibilă o cantitate de aproximativ 400 000 t de uraniu îmbogățit. Dacă această cantitate va fi folosită în reactoare reproducătoare rapide, energia electrică va fi asigurată în S.U.A. pentru mai multe sute de ani.

Fabrica de apă grea aparținînd de ,,Canadian General Electric Company '' a intrat în funcțiune. Prima producție anuală, de 400 t D_2O, va fi preluată de ,,Atomic Energy of Canada''. Prin întîrzierea intrării în funcțiune a fabricii ,,Deuterium of Canada'', cantitatea de D_2O necesară Canadei nu este suficientă. Abia în 1974 această țară va putea să-și acopere necesarul din producția proprie.

Dezvoltarea energiei primare în R. F. a Germaniei :

	1970 milioane tc.c.	%	1980 milioane tc.c.	%
huilă	98	29	65	13
lingit	32	10	35	7
combustibil lichid	179	53	295	58
gaze naturale	18	5	60	12
energie nucleară	2	1	47	9
energie hidraulică	8	2	8	1

(''Handelesblatt'' 25, mai 1971)

Ccostul de producție al energiei electrice în R. F. a Germaniei, după felul energiei primare folosite (situația din iulie 1970), Dpf/kWh) :

centrale termoelectrice	pe huilă	4,4
	pe lignit	2,7
	pe combustibil lichid	3,2
	pe gaze	2,8
centrale nucleoaroelectrice		2,3

(,,Handelsblatt'', 25 mai 1971)

După ce la 22 februarie 1971 Comisia americană pentru energie atomică (USAEC) a ridicat prețul uraniului îmbogățit de la 95 DM/kg la 105 DM/kg, se anunță o nouă scumpire pentru sfîrșitul acestui an, la 117DM/kg.

Producția de energie electrică din R. F. a Germaniei va crește de la 243 miliarde kWh în 1970 la 500 miliarde kWh în 1980, puterea crescînd de la 51 300 MW la 102 000 MW.

(,,Elektrotechnik'', nr. 11, 1971)

◆

Revista ,,ENERGETICA'' — organ al Ministerului Energiei Electrice și al Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor din R.S. România (CNIT). Redacția: București, str. Galați nr. 5—7, Sectorul II. Tel. 136683, 130053. Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinete tehnice în contul nostru de virament nr. 30.01 01.00 B.N.R.S.R. — Sectorul VI. Tarif pentru întreprinderi lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri lei 30 anual. Prețul unui exemplar lei 5

Taxele poștale plătite în numerar conform aprobării D.G.P.T. nr. 10.1095, 1967

I.P.I. c. 2799

41 401

IPRS BĂNEASA

ÎNTREPRINDEREA DE PIESE RADIO ŞI SEMICONDUCTORI BĂNEASA

STR EROU IANCU NICOLAE NR 32 ● SECTORUL 2 ● TELEFON 33.38.30 ● TELEX 011203

produce:

PIESE RADIO:

Rezistoare fixe cu peliculă de carbon
Rezistoare bobinate
Termistoare
Condensatoare cu poliester
Condensatoare cu polistiren
Condensatoare electrolitice normale
Condensatoare electrolitice miniatură
Condensatoare ceramice
Condensatoare hirtie uz general
Condensatoare cu hirtie metalizate
Condensatoare telefonice
Condensatoare auto
Condensatoare pentru tuburi fluorescente
Cablaje imprimate

DISPOZITIVE SEMICONDUCTOARE

Tranzistoare cu germaniu, de joasă frecvenţă
  - de mică putere
  - de medie putere
  - de putere
Tranzistoare cu germaniu, de inaltă frecvenţă
  - de mică putere
  - drift de mică putere
Diode cu germaniu cu contact punctiform
Redresoare cu germaniu de medie putere
Fotodiode cu germaniu
Diode redresoare cu siliciu
  - de mică putere
  - de putere
Diode Zener de mică putere

IRE

Proiectează, execută şi exploatează:

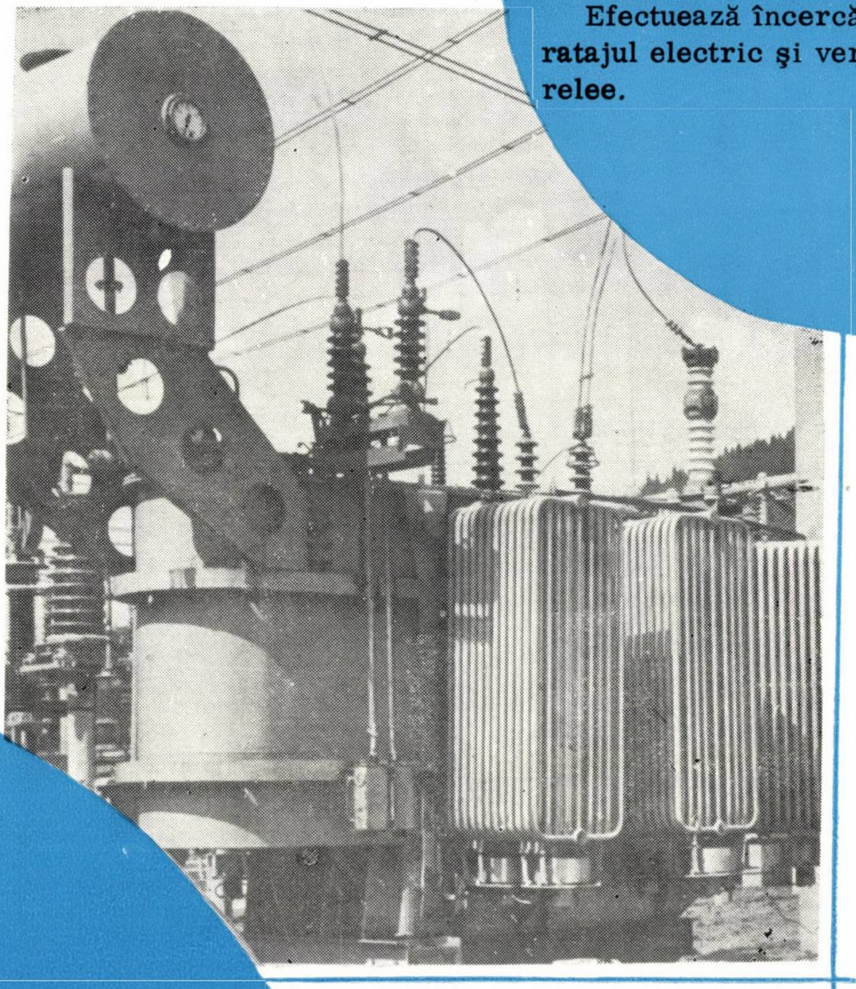
IAŞI

str. Uzinei nr. 38

- posturi şi staţii de transformare;
- linii electrice aeriene şi subterane transport şi distribuţie;
- instalaţii de iluminat exterior;
- instalaţii electrice interioare;

Asigură buna deservire a consumatori de energie electrică din sectorul industri agricol şi casnic din regiune;

Efectuează încercări profilactice la ap ratajul electric şi verificări de protecţii relee.



ÎNTREPRINDEREA DE REŢELE ELECTRICE IAŞI

Adresaţi-vă serviciilor de specialitate ale întreprinderii, care vă stau la dispoziţie pentru rezolvarea în cele mai bune condiţii tehnice şi economice a tuturor problemelor privind alimentarea cu energie electrică.

INTREPRINDEREA ELECTROCENTRALE CONSTANȚA furnizează, prin centralele sale, energie electrică sistemului energetic național, asigurînd o mare parte din necesarul de energie electrică al Dobrogei.

I.E.C.

CONSTANȚA

CET PALAS, în construcție, cu o putere totală instalată de 100 MW, funcționează în prezent cu 50 MW.

Prin această nouă centrală se asigură căldura necesară pentru zona industrială și urbană a municipiului Constanța și se ridică gradul de siguranță în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor din Dobrogea.

INTREPRINDEREA ELECTROCENTRALE CONSTANȚA
Bd. Aurel Vlaicu nr. 123

IEC PLOIEȘTI

- *PRIN CENTRALELE SALE ELECTRICE, IEC PLOIEȘTI FURNIZEAZĂ ENERGIE ELECTRICĂ SISTEMULUI ENERGETIC NAȚIONAL.*

- *PRIN CENTRALA ELECTRICĂ DE TERMOFICARE BRAZI SE LIVREAZĂ CĂLDURĂ CONSUMATORILOR DE PE PLATFORMA INDUSTRIALĂ BRAZI, SERELOR ȘI ANSAMBLELOR DE LOCUINȚE DIN MUNICIPIUL PLOIEȘTI*

- *CENTRALA TERMOELECTRICĂ DOICEȘTI LIVREAZĂ ȘI CENUȘĂ PENTRU FABRICAREA BETONULUI CELULAR AUTOCLAVIZAT ȘI A CIMENTURILOR SPECIALE.*

ÎNTREPRINDEREA ELECTROCENTRALE PLOIEȘTI

I.R.E. CONSTANȚA

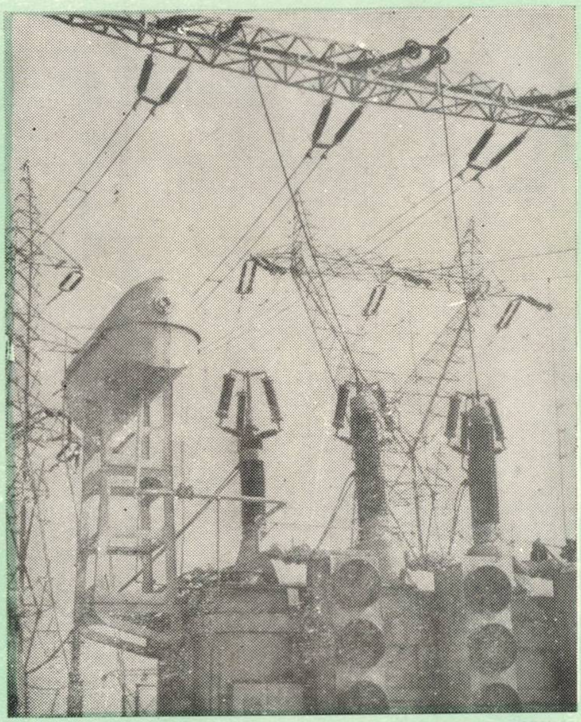
IRE CONSTANȚA

transportă și distribuie :

energie electrică prin rețele de înaltă și joasă tensiune, asigurînd buna deservire a consumatorilor din sectorul industrial, agricol și casnic.

proiectează și execută :

— rețele de joasă tensiune
— stații și posturi de transformare
— instalații de iluminat exterior
— instalații de electrificare în mediu rural
— instalații interioare
— branșamente



* *

INTREPRINDEREA DE REȚELE
ELECTRICE CONSTANȚA

Str. Anton Nițescu nr. 77

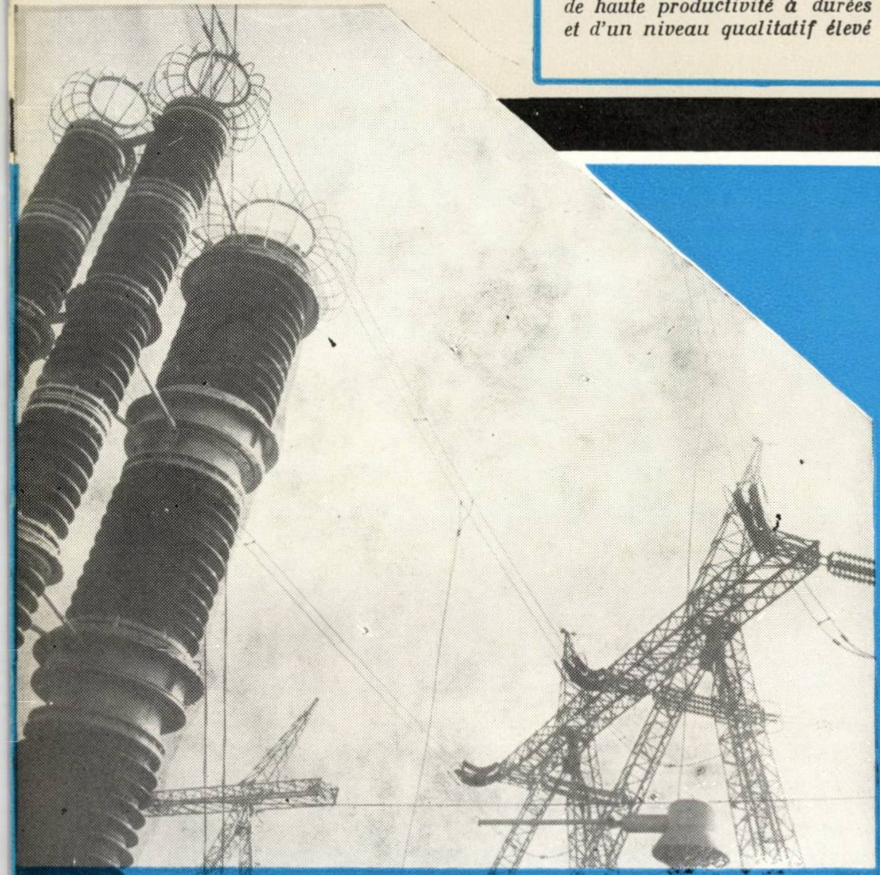
* *

INTREPRINDEREA
Electromontaj
BUCUREȘTI

Exécute des travaux de montage pour les installations du réseau électrique:

- **Lignes électriques de transport pour tensions jusqu'à 400 kV**
- **Postes de transformateurs à 35—400 kV**
- **Réseaux d'éclairage public**
- **Lignes électriques de distribution de haute et moyenne tension**
- **Postes de distribution pour toute puissance et tout rapport de transformation**
- **Lignes électriques en câbles souterrains et sous-fluviaux jusqu'à 110 kV**
- **Electrifications rurales**

Les travaux de montage sont exécutés par ÎNTREPRINDEREA ELECTROMONTAJ BUCUREȘTI par des procédés technologiques modernes de haute productivité à durées d'exécution minimes et d'un niveau qualitatif élevé



Carries out erection works for power systems equipment and electrical networks

- Transmission lines for voltage up to 400 kV
- Transformer substations ranging from 35 to 400 kV
- Public lighting networks
- Distribution lines of high and medium voltage
- Substations for any capacity and transformation ratio
- Underground and under-river electrical cables up to 110 kV
- Rural electrifications

The erection works are carried out by ÎNTREPRINDEREA ELECTROMONTAJ BUCUREȘTI by high productivity modern technological processes, in short delivery times and at high quality level

București, Str. Candiano Popescu nr. 1, Sectorul 5, tel. 23.88.30 telex 011.208

IRE
TG.MURES

PRODUCE, TRANSPORTA SI DISTRIBUIE energie electrică
în reţele electrice de înaltă, medie şi joasă tensiune

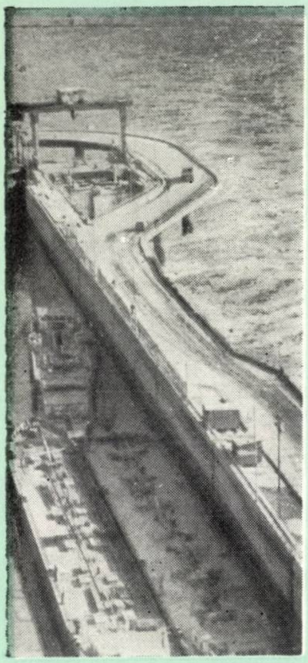
EXECUTA :

- lucrări de construcţii - montaj la electrificări rurale şi industriale şi instalaţii interioare
- verificări de aparate electrice de măsură şi control în laboratorul PRAM-
- lucrări de întreţinere la iluminatul public
- proiecte de instalaţii energetice

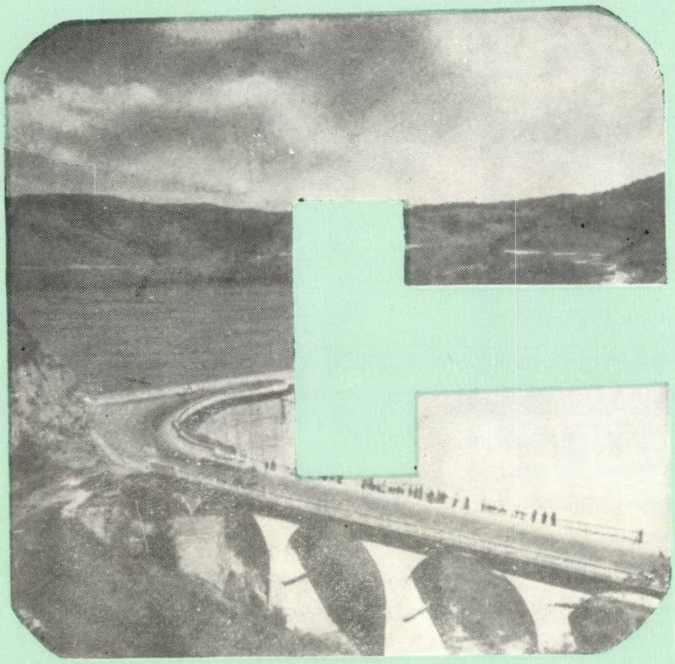
SERVICIILE DE SPECIALITATE ALE IRE TG. MURES VA STAU LA DISPOZITIE PENTRU REZOLVAREA IN CONDITII TEHNICE SI ECONOMICE SUPERIOARE A PROBLEMELOR PRIVIND ALIMENTAREA CU ENERGIE ELECTRICA.

întreprinderea de reţele electrice TG.MUREȘ

Strada Elba nr. 3, Judeţul Mureş



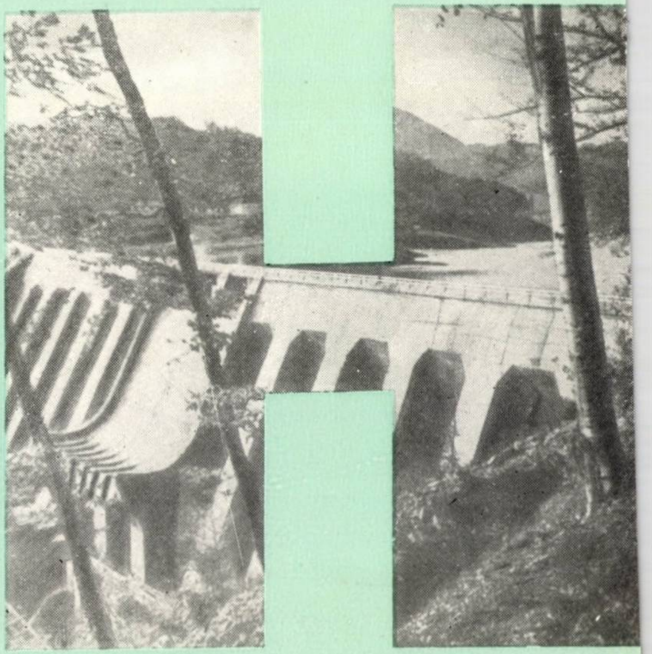
INTREPRINDEREA DE CONSTRUCŢII HIDROENERGETICE BUCUREŞTI



EXÉCUTE DES TRAVAUX DE GÉNIE CIVIL POUR DES CENTRALES HYDRAULIQUES DE TOUTE SORTE ET DES SYSTÈMES D'AMÉNAGEMENTS À BUTS MULTIPLES :

— Barrages de divers types
— Salles des machines des usines hydroélectriques souterraines et de surface
— Canaux et galeries d'adduction et d'évacuation
—Cheminées d'équilibre
— Travaux de bétons spéciaux pour les installations hydro-électriques et hydromécaniques
— Écluses
— Tunnels et galeries hydrotechniques
— Aménagements pour l'alimentation en eau des grandes industries
— Installations complexes pour la préparation des agrégats de béton

LES TRAVAUX DE GÉNIE CIVIL SONT EXÉCUTÉS PAR ICH BUCUREŞTI EN CONDITIONS DE SÛRÉTE ET QUALITÉ SUPÉRIEURE PAR DES PROCÉDÉS TECHNOLOGIQUES MODERNES DE HAUTE PRODUCTIVITÉ ET DE MINIME DURÉE DE TEMPS



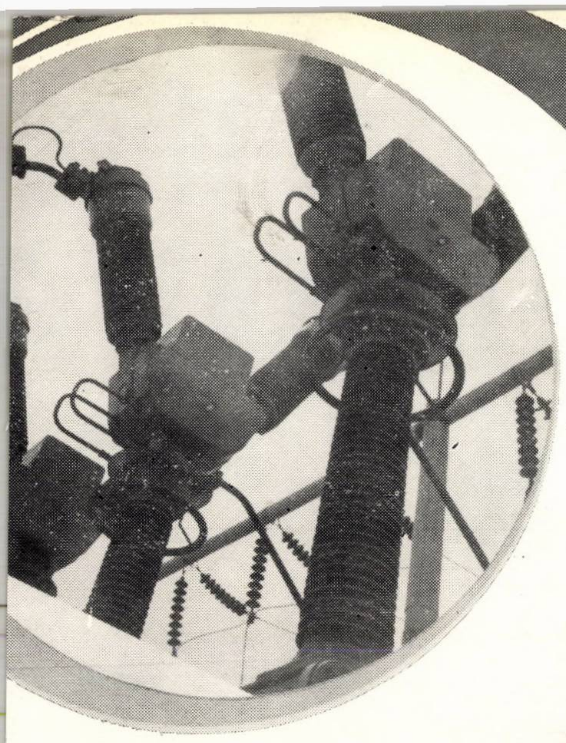
CARRIES OUT HYDRO-ELECTRIC DEVELOPMENTS AND POWER PLANTS, COMPLEX RIVER HARNESSING SCHEMES :

- Dams of all types
- Machine halls for underground and overground hydro-electric power plants
- Head races and tailraces
- Surge tanks
- Special concrete works for hydroelectrical and hydro-mechanical equipment
- Locks
- Supply tunnels and galleries
- Harnessing for water supply of important industries
- Concrete aggregates preparating station

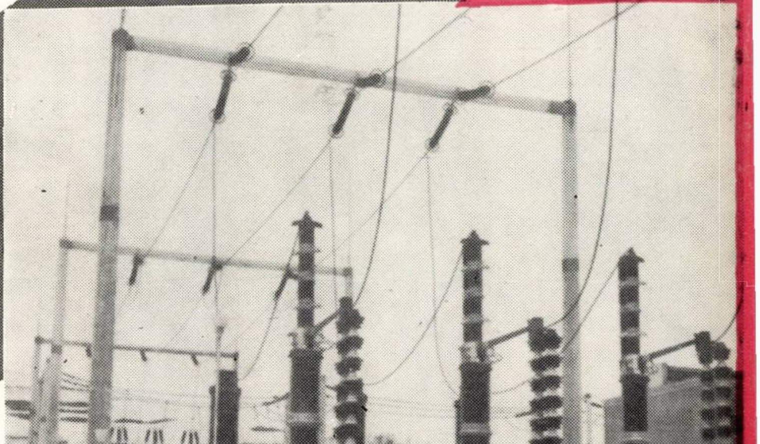
THE CONSTRUCTION WORKS ARE CARRIED OUT BY ICH BUCUREŞTI IN HIGH QUALITY AND SAFETY CONDITIONS BY MODERN AND HIGH PRODUCTIVITY TECHNOLOGIC APPROACHES IN SHORT DELIVERY TIMES

Head office :
ICH BUCUREŞTI
STR. DIMITRIE ONCIUL
NR. 23—25
TEL. 35.54.70,
TELEX : INCOHIDROEN—244

INTREPRINDEREA DE REȚELE
ELECTRICE DEVA
Str. George Enescu nr. 35—39



I R E * DEVA



asigură :

- buna deservire a consumatorilor de energie electrică din sectorul industrial, agricol, feroviar și casnic din regiune

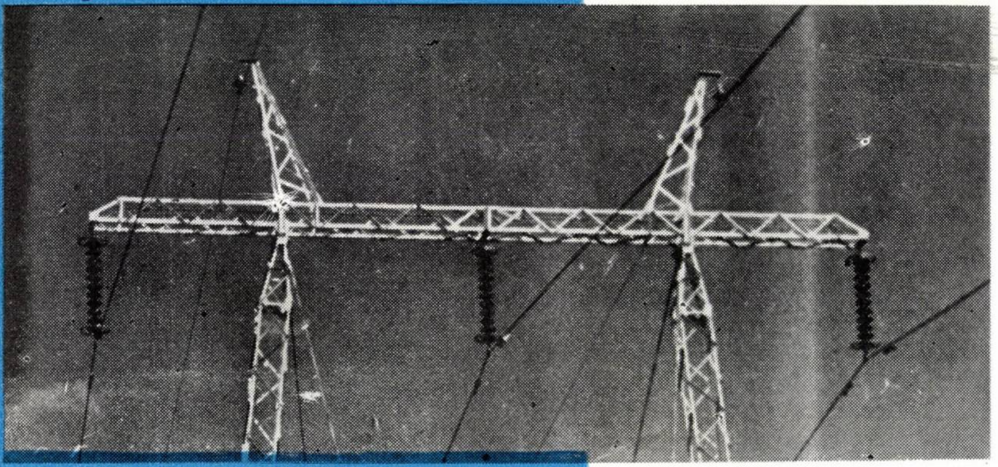
proiectează și execută :

- **rețele, posturi, stații de medie și înaltă tensiune, branșamente și instalații interioare în mediul urban și rural, la orice categorie de consumatori**

proiectează și execută :

- **automatizări și modernizări de instalații electrice**

IRE CRAIOVA



Transportă şi distribuie
energie electrică, în reţele electrice de joasă, medie, înaltă şi foarte înaltă tensiune, asigurî buna deservire a consumatorilor de energie electrică din sectorul industrial, agricol, feroviar şi casnic din regiune.

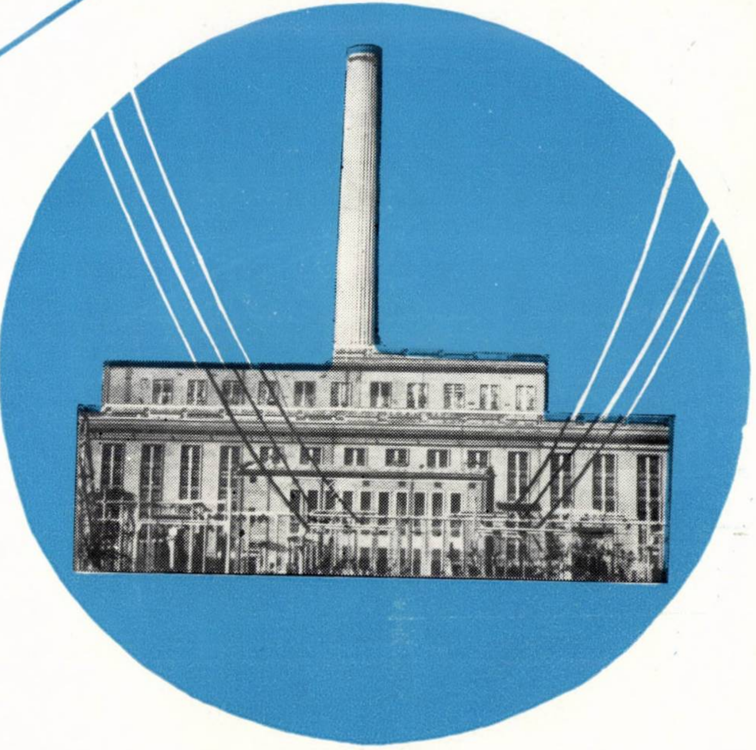
Execută
- linii electrice de 6, 15 şi 35 kV
- linii electrice de joasă tensiune pentru electrificări urbane şi rurale
- posturi şi staţii de transformare
- instalaţii electrice interioare şi branşamente
- reparaţii şi verificări de transformatoare de forţă
- reparaţii şi verificări de aparate electrice de măsură şi control, prin laboratoarele proprii PRAM

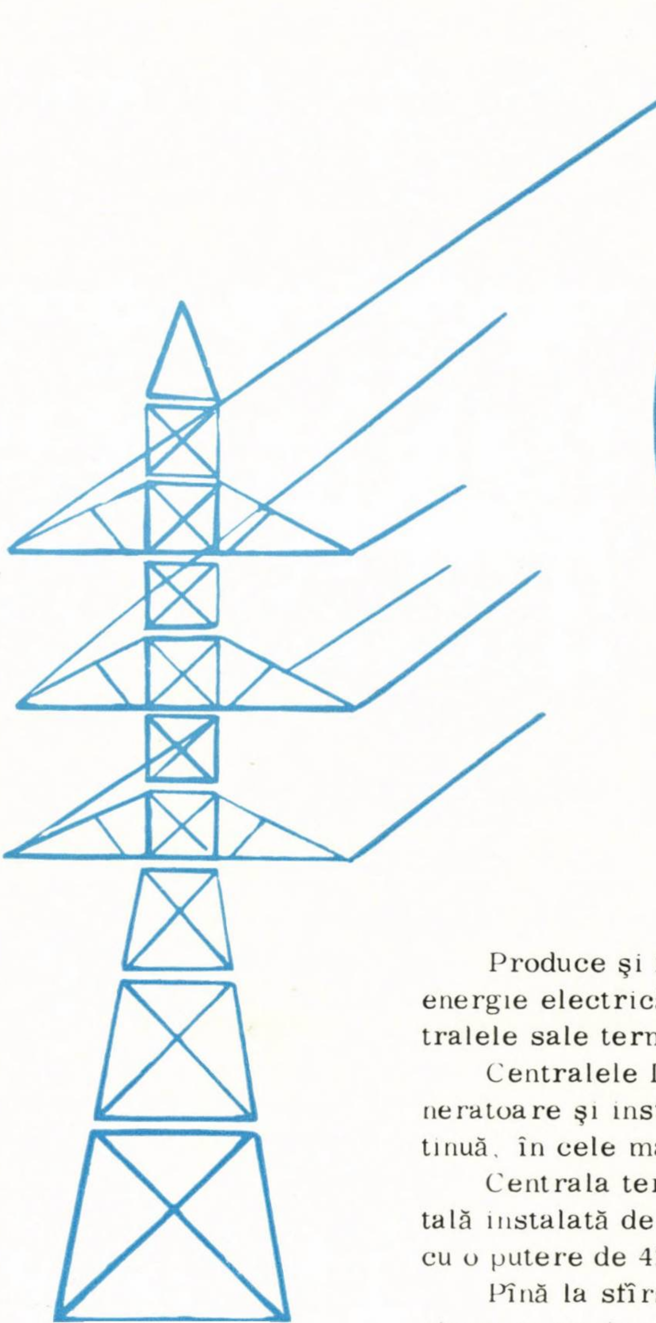
Intocmeşte
studii tehnico-economice pentru lucrări noi şi îmbunătăţirea instalaţiilor existente
proiecte de execuţie pentru linii aeriene şi subterane, posturi şi staţii de transformare, instalaţii de iluminat exterior

ÎNTREPRINDEREA DE REŢELE ELECTRICE CRAIOV

Str. Brestei nr. 5

INTREPRINDEREA ELECTROCENTRALE DEVA





Produce şi furnizează la un înalt grad de siguranţă şi calitate, energie electrică, sistemului electroenergetic naţional, prin centralele sale termoelectrice Deva şi Paroşeni

Centralele Deva şi Paroşeni, sînt prevăzute cu grupuri generatoare şi instalaţii moderne care le asigură o funcţionare continuă, în cele mai bune condiţii tehnice şi economice.

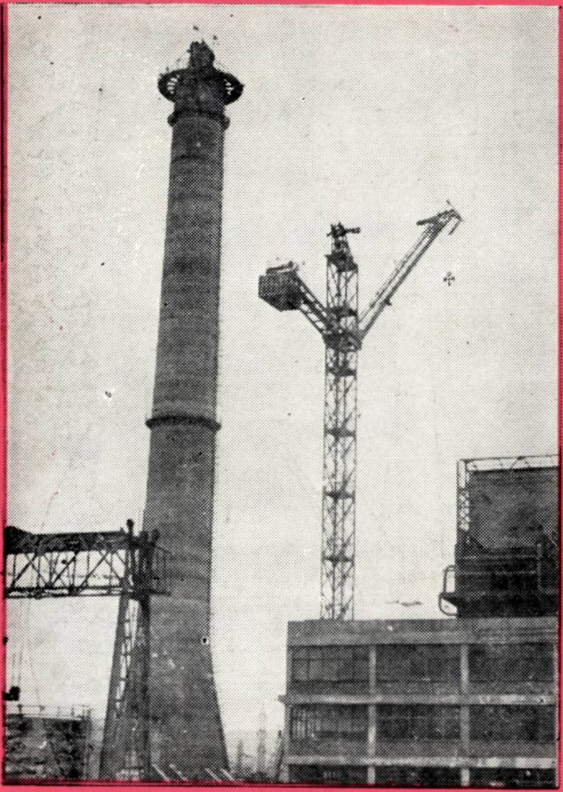
Centrala termoelectrică Deva, în construcţie, cu o putere totală instalată de 840 MW în prima etapă, funcţionează în prezent cu o putere de 420 MW

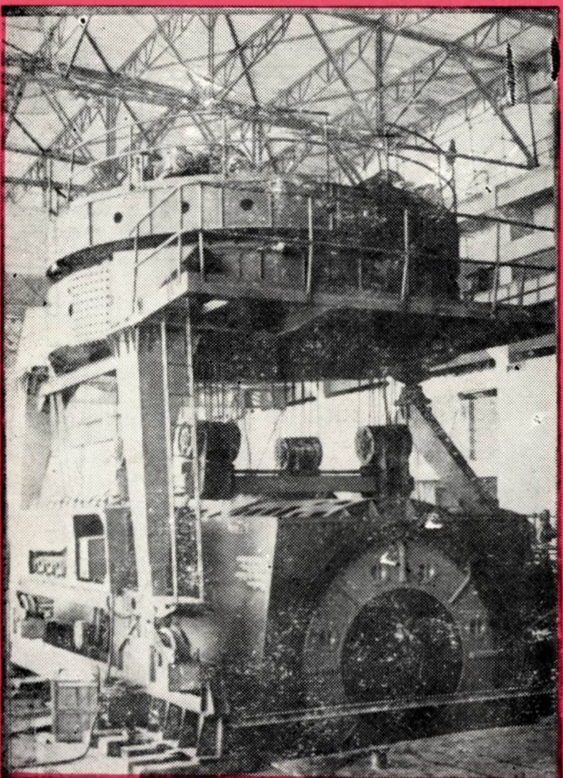
Pînă la sfîrşitul anului 1971 este prevăzută terminarea primei etape respectiv punerea în funcţiune a puterii totale de 840 MW

INTREPRINDEREA ELECTROCENTRALE DEVA
Com. MINTIA, Jud. HUNEDOARA

TRUSTUL DE CONSTRUCŢII ŞI MONTAJE ENERGETICE

BUCUREŞTI





Execută prin unităţile sale:

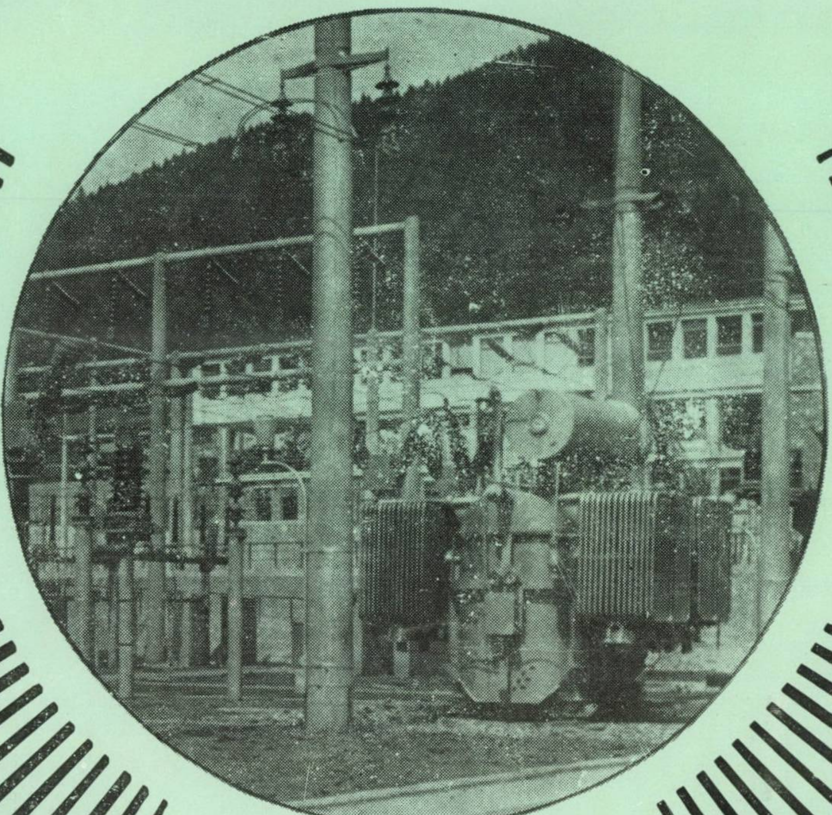
- Lucrări de construcţii la centrale termoelectrice echipate cu grupuri de 25 – 315 MW
- Construcţii hidrotehnice aferente centralelor termoelectrice
- Staţii electrice de conexiuni interne şi externe de 20 – 400 kV aferente centralelor
- Reţele de termoficare industrială şi urbană
- Confecţii metalice aferente centralelor termoelectrice

TCME

- Montaje de centrale termoelectrice echipate cu grupuri de 25 – 315 MW şi centrale hidroelectrice de 5,5 – 170 MW
- Instalaţii hidromecanice pentru centrale electrice
- Instalaţii de automatizare, mecanizare, control pentru centrale electrice

TRUSTUL DE CONSTRUCŢII
SI MONTAJE ENERGETICE
Cal. Moşilor 158, tel. 16. 63. 30

întreprinderea de rețele electrice PLOIEȘTI



PROIECTEAZĂ, EXECUTĂ ȘI EXPLOATEAZĂ

posturi și stații de transformare, linii electrice aeriene și subterane de transport și distribuție, instalații de iluminat exterior, instalații electrice interioare

EFECTUEAZĂ

încercări profilactice la aparatajul electric și verificări de protecție prin relee

ASIGURĂ

buna deservire a consumatorilor de energie electrică din sectorul industrial, agricol și casnic din zonă

ÎNTREPRINDEREA DE REȚELE ELECTRICE PLOIEȘTI

INTREPRINDEREA
Energomontaj

Exécute:

- Le montage, la mise en fonction et la mise en exploitation des équipements et installations énergétiques pour centrales thermiques et hydro-électriques :

ÉQUIPEMENTS ET INSTALLATIONS POUR CENTRALES THERMIQUES ET CENTRALES POUR LA PRODUCTION COMBINÉE CHALEUR/FORCE :

- chaudières à vapeur de grande capacité et à paramètres élevés de fonctionnement
- turbines à vapeur de puissances unitaires jusqu'à 350 MW
- installations de combustible pour : charbon, mazout, gaz
- autres installations méchaniques, afférentes aux centrales thermiques : récipients, conduites, pompes etc.

ÉQUIPEMENTS ET INSTALLATIONS POUR CENTRALES HYDRO-ÉLECTRIQUES ET INSTALLATIONS HIDROTECHNIQUES :

- turbines hydrauliques de tout type, à puissances unitaires jusqu'à 176 MW
- conduites forcées
- équipements et autres installations mécaniques pour centrales hydro-électriques et thermiques
- équipements et installations pour écluses

ÉQUIPEMENTS ET INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES POUR CENTRALES THERMIQUES. HYDRO-ÉLECTRIQUES, POSTES DE TRANSFORMATEURS ET INSTALLATIONS SPÉCIALES

- installations de commutation primaire jusqu'à une tension de 400 kV y compris
- installations pour les services auxiliaires aux centrales et postes de transformateurs
- installations de commutation secondaire
- installations d'automatisation, etc.

1972 JAN 1 21

Carries out :

Erection, operation and commissioning of power equipments and installations for thermal and hydro-electric power plants

INSTALLATIONS AND EQUIPMENTS FOR THERMAL POWER PLANTS AND FOR COMBINED HEAT AND POWER PLANTS :

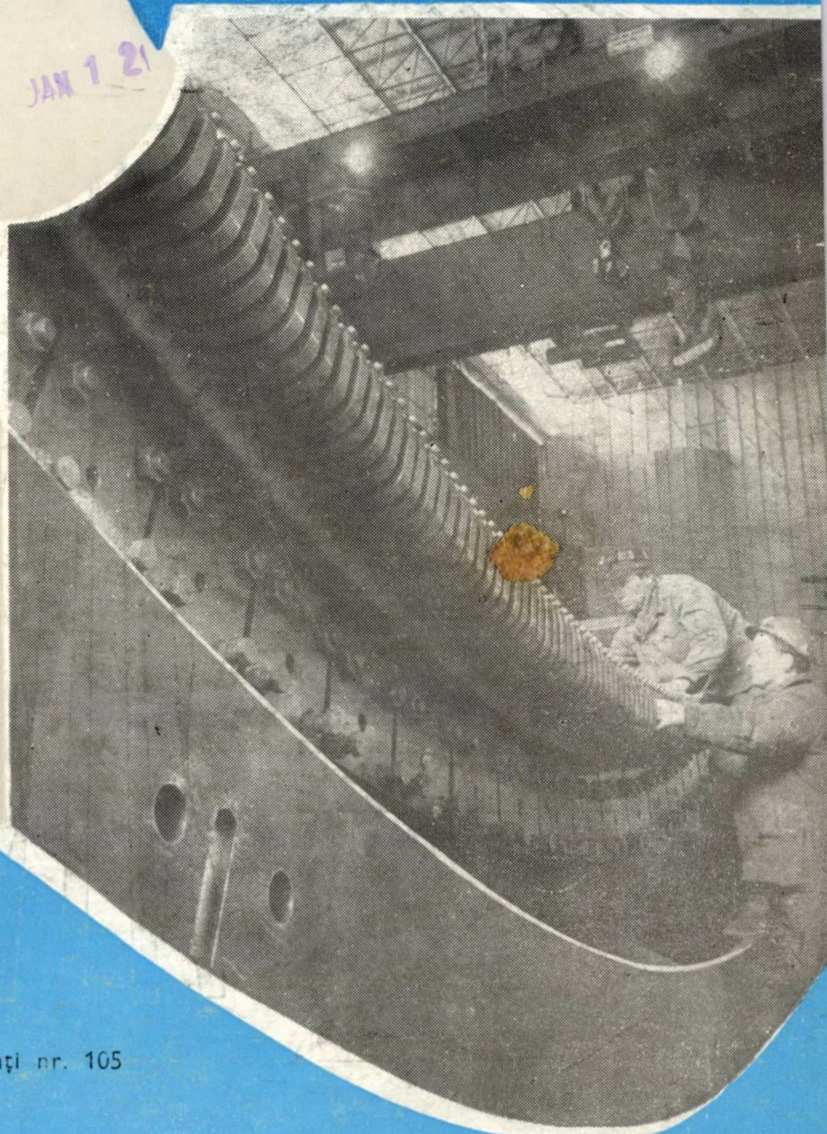
- boilers of high capacity and high operational parameters
- steam turbines up to 350 MW per unit
- fuel installations for : coal, fuel-oil, gas
- other mechanic equipment necessary for thermal power plants : tanks, pipes, pumps, etc.

EQUIPMENTS FOR HYDRO-ELECTRIC POWER PLANTS AND HYDRO-TECHNICAL INSTALLATIONS :

- hydraulic turbines of all types, up to 176 MW per unit
- penstocks
- other mechanic equipment for hydro-electric power plants
- equipments and installations for locks

ELECTRIC EQUIPMENT FOR THERMAL AND HYDRO-ELECTRIC POWER PLANTS, SUBSTATIONS, TRANSFORMER POSTS AND SPECIAL INSTALLATIONS :

- primary switching installations up to 400 kV
- indoor service installations in power plants and transformer posts
- secondary switching installations
- automation equipment, etc.

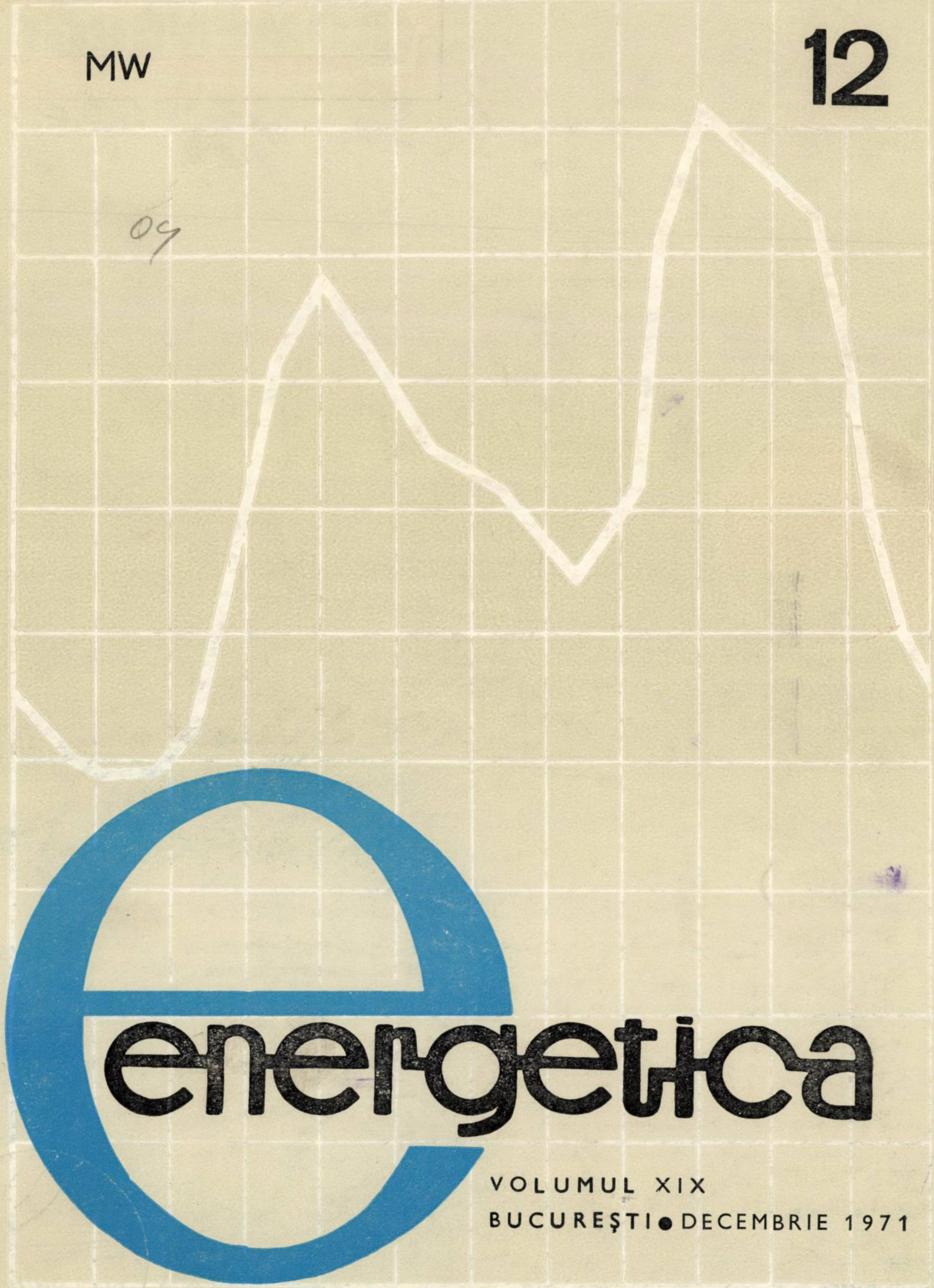


BUCUREȘTI, Sectorul 1, Calea Dorobanţi nr. 105
Tel. : 12.76.30, telex : 335

E 2039

12

04



energetica

VOLUMUL XIX
BUCUREȘTI • DECEMBRIE 1971

Bucureşti, Bd Dacia nr. 33
Telephone 12.05.51 - Telex 135
Telegraphic adress Romenergo - Bucharest

ROMENERGO

ROMENERGO, ENTERPRISE FOR FOREIGN TRADE, OFFERS SERVICES ENSURED BY A GROUP OF ENTERPRISES, INSTITUTES AND LABORATORIES SPECIALIZED IN ENERGETICS, STARTING FROM FEASIBILITY STUDIES UP TO COMMISSIONING AND STAFF TRAINING

ROMENERGO carries out topographic, geologic, geotechnic, hydrologic surveys, „in situ" investigations regarding soil and rock mechanics.
ROMENERGO establishes concrete formula and technology, construction materials quality, soil and rock mechanics researches, water chemistry.
ROMENERGO provides hydro-electric designs and consulting and engineering services, in all power project problems.
ROMENERGO carries out construction and erection works for power projects.
ROMENERGO supplies equipment, subassemblies and prefabricated elements for hydro-electrical constructions and equipments.
ROMENERGO carries out power objectives commissioning and operation tests.

ROMENERGO effectue des prospections topométriques, géologiques, géotechniques, hydrologiques, des travaux d'études «in situ» concernant la mécanique du sol et des roches
ROMENERGO établit les recettes et la technologie des bétons, la qualité des matériaux de construction, les recherches de mécanique du sol et des roches, le chimisme des eaux.
ROMENERGO assure l'établissement des projets pour les objectifs énergétiques et des services de consulting et engineering, en tous problèmes énergétiques.
ROMENERGO exécute des travaux de constructions et montages énergétiques.
ROMENERGO fournit l'équipement, l'outillage, les sous-ensembles et les préfabriqués pour constructions et installations énergétiques.
ROMENERGO exécute des essais, des vérifications et des tests pour la mise en fonction e la mise en exploitation des installations énergétiques.

THE SERVICES AND WORKS ARE SUPPLIED FOR

- thermal plants and combined heat and power production plants with boilers of any capacities and high operational parameters, and with turbosets up to 350 MW per unit ;
- hydro-electric developments and hydro-electric power stations with turbines of any types and capacity ;
- plants with Diesel engines sets of any capacities ;
- overhead lines up to 400 kV voltage ;
- indoor or outdoor substations, for networks or consumers up to 400 kV voltage ;
- overhead lines or cables for high, medium and low voltage;
- industrial, urban or rural transformer posts for any transformation rate ;
- industrial, urban and rural electrifications.

ROMENERGO USES

– well-equipped specialized enterprises ;
– modern work methods and technologies ;
– skilled specialists of large experience.

ROMENERGO UTILISE

– des entreprises spécialisées bien outillées ;
– les méthodes de travail et les technologies les plus modernes ;
– des spécialistes de haute qualification et ayant une riche expérience.

The works and installations may be carried out with materials, prefabricated elements and equipment furnished by ROMENERGO or placed at its disposal, partially or entirely, by the customers.
ROMENERGO serves you in the best and economical conditions.

Request information and tenders at ROMENERGO

Les travaux et les installations peuvent être exécutés avec des matériaux, préfabriqués, outillages et équipements fournis par ROMENERGO ou mis à sa disposition, partiellement ou totalement, par les clients.
ROMENERGO est à votre service dans les meilleures et les plus économiques conditions.

Demandez des informations et offres à ROMENERGO

E 2039

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT
1883

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

ANUL 1971 Nr. 12 Decembrie

Cuprinsul

		Pag.
Gheorghiu, St., Pop, M. şi Tardoş, G.	**Viteze admisibile de încălzire la cazanele cu circulaţie naturală**	**573—581**
Athanasovici, V. şi Giuvelea, P.	**Soluţii de alimentare cu căldură a complexelor de sere legumicole**	**581—589**
Nicu, Vl.	**Consumul specific în condensaţie al turbinelor de termoficare**	**590—591**
Bereş, Fl.	**Modificarea schemei de evacuare pneumatică a cenuşii de la Centrala termoelectrică Deva — Mintia**	**592—598**
Istrate, I.	**Determinarea unor elemente necesare calculelor de vibraţii şi de rezistenţă ale paletelor turbinelor cu abur**	**598—602**
Leonte, D. şi Petroianu, Al.	**O abordare secvenţială a defectelor simultane în reţelele complexe**	**602—611**
Nicolau, Gh.	**Consideraţii asupra întinderii conductoarelor liniilor electrice aeriene**	**611—614**
Măcriş, A.	**Calculul pasului optim al fluxului de montaj în funcţie de numărul şi repartiţia macaralelor de montaj**	**614—616**

CUPRINSUL REVISTEI "ENERGETICA" VOL. XIX (1971)

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. univ. emerit ing. I. D. STĂNCESCU, redactor responsabil, ing G. IORGULESCU, redactor responsabil adjunct, conf. ing. I. A. BADEA, ing. ST. BERENGHI, conf. ing. A. COGĂLNICEANU, dr. ing. P. DIMO, membru corespondent al Academiei Republicii Socialiste România, laureat al Premiului de Stat, ing. H. FURTUNESCU, ing. P. IFTIME, ing. L. LUCA, ing. B. MARCU, dr. ing. A. MĂCRIŞ, conf. ing. C. MIHĂILEANU, prof. dr. ing. V. I. NITU, ing. A. SPÎNU, ing. R. ZANE

OFICIUL DE DOCUMENTARE ENERGETICĂ

OFICIUL DE DOCUMENTARE ENERGETICĂ

București, str. Galați nr. 5–7
— Sectorul 2 —

Oficiul de Documentare Energetică (O.D.E.) este organul de specialitate al Ministerului Energiei Electrice pentru informarea și documentarea tehnică și economică în ramura energetică.

O.D.E. editează și difuzează revistele tehnice de specialitate din ramura energetică.

O.D.E. editează și difuzează periodicele documentare privind ramura energetică.

O.D.E. editează și difuzează publicațiile tehnice departamentale: prescripții tehnice (normative, regulamente, instrucțiuni, condiții tehnice, fișe tehnologice, norme interne etc.), norme și carnete de protecție a muncii, note tehnice, studii documentare etc.

O.D.E. editează și difuzează materiale de popularizare și propagandă tehnico-economică: afișe, pliante, broșuri, albume etc.

O.D.E. execută, la cerere, traducerea din orice limbă a materialelor și documentațiilor tehnice ca: articole, referate, prescripții, cataloage de produse, prospecte și alte lucrări de specialitate.

Revistele tehnice editate de O.D.E.:

— „Energetica"
— „Producera, transportul și distribuția energiei electrice și termice"
— "Construcții și montaje energetice„
— „Studii și cercetări în energetică" și suplimentul „Utilizarea calculatoarelor în electroenergetică"

Periodicele documentare editate de O.D.E.:

— „Buletinul de informare pentru cadrele de conducere din energetică"
— „Buletinul de documentare tehnică în energetică"

Caiete selective pe temele:

— „Proiectarea și executarea construcțiilor și instalațiilor energetice"
— „Exploatarea, întreținerea și repararea instalațiilor energetice"
— „Protecția muncii și paza contra incendiilor în construcțiile și instalațiile energetice"
— „Fișe documentare"
— „Prescripții tehnice în sectorul energetic"

Abonați-vă la revistele și publicațiile periodice editate de Oficiul de documentare energetică pentru a fi la curent cu toate problemele și noutățile tehnice ce apar în activitățile de cercetare, dezvoltare, proiectare, execuție și exploatare din ramura energetică.

Folosiți serviciile pe care vi le oferă Oficiul de documentare energetică pentru procurări de cărți și reviste străine, traduceri, lucrări reprografiate etc.

O.D.E. — M.E.E. — București, Str. Galați nr. 5 – 7, sectorul 2
telefon: 15.16.28 — 14.00.17. — 13.00.53

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.181.3

Георгиу, Шт., Поп, М. и *Тардош, Г.:* **Допускаемые скорости нагревания барабанных котлов**

Приводится теоретический анализ усилий развивающихся в толстостенных элементах барабанных котлов в процессе нагревания и охлаждения, характерном для периода пуска и остановки.

Energetica 19 (1971), №. 12. стр. 573–581

ДК 697.38: 635.98

Атанасович, В. и *Джиувеля, П.:* **Определение удельного расхода тепла в овощных парниках**

Рассматриваются потери тепла в парниках и полученное тепло путем солнечного изучения; после обьяснения соответствующих математических соотношений составляется общая номограмма.

Energetica 19 (1971), №. 12, стр. 581–589

ДК 621.165: 621.175 : 687.34

Нику, Вл.: **Удельный расход теплофикационных турбин при их работе в конденсационном режиме**

Автор рассматривает актуальный вопрос в связи с разбивкой баланса тепла конденсационной турбины с двумя регулируемыми отборами.

Energetica 19 (1971), №. 12, стр. 590–591

ДК 621.187.322 :621.311.23

Береш, Фл.: **По вопросу изменения схемы связей золоотводных установок на ТЭС Минтия-Дева**

Принципиальное изложение классических методов для пневматического транспорта путем разжижения и принятия решений на ТЭС Минтия-Дева для ликвидации трудностей в эксплуатации упомянутых установок.

Energetica 19 (1971), №. 12, стр. 592–598

ДК 621.165–253.5 : 534.1 : 539.4

Истрате, И.: **Определение необходимых элементов для расчета вибрации и прочности лопаток паровых турбин**

На основании опыта получения классическими методами геометрических элементов лопаток паровых турбин, необходимых для расчетов вибраций и прочности, предлагается комбинированный метод, который, используя элементы классических методов, позволяет быстрое определение главных инерционных моментов с хорошей степенью точности.

Energetica 19 (1971) №. 12, стр. 598–602

ДК 621.316.1.004.64

Леонте, Д. и *Петрояну, Ал.;* **Последовательное рассмотрение одновременных дефектов в комплексных сетях**

Основным положением является приведение комплексного процесса расчета при последовательности менее трудоемких расчетов.

Energetica 19 (1971), №. 12, стр. 602–611

ДК 621.315.374

Николау, Г.: **О длине проводников высоковольтных воздушных линий**

В основу статьи принята работа выполненная ИСПЭ и Бухарестским Политехническим Институтом, в которой рассматриваются характерные вопросы на эту тему.

Energetica 19 (1971), №. 12, стр. 611–614

ДК 518.2: 624.05: 621. 87: 621.311.22

Мэкриш, А.: **Расчет оптимального шага монтажного потока в зависимости от числа и распределения монтажных кранов**

Автор рассматривает с научной точки зрения, при помощи методов исследования операций, интересный вопрос, взятый из практики монтажа тепловых электростанций.

Energetica 19 (1971), №. 12. стр. 614–616

INHALTSVERZEICHHNIS

DK 621.181.3

Gheorghiu, Şt., Pop, M. und *Tardoş, G.* : **Zulässige Erhitzungsgeschwindigkeiten bei Naturumlauf-Kesseln**

Es werden die in dickwandigen Bestandteilen von Kesseln mit natürlichem Umlauf, während des Erhitzungs-, bzw. Abkühlungsvorgangs auftretenden, dem An-und Abfahren eigentümliche Spannungen theoretisch untersucht.

Energetica 19 (1971), H. 12, S. 573–581

DK 697.38 : 635.98

Athanasovici, V. und *Giuvelea, P.* : **Die Wärmeversorgung der Treibhausanlagen für Gemüsepflanzen**

Energetica 19 (1971), H. 12, S. 531–589

DK 621.165 :621.175 :687.34

Nicu, Vl. : **Spezifischer Verbrauch des Kondensationsbetriebs von Fernheizturbinen**

Der Verfasser behandelt eine aktuelle Frage im Zusammenhang mit der Aufteilung der Wärmebilanz einer Kondensationsturbine mit zwei Regelbaren Zapfstellen.

Energetica 19 (1971), H. 12, S. 590–591

DK 621.187.322 :621.311.23

Bereş, Fl. : **Betrachtungen zur Änderung des Schaltbildes einer Anlage für Entfernung der Asche im Wärmekraftwerk Mintia-Deva.**

Es werden die herkömmlichen Verfahren für pneumatischen Transport der Asche aus Kesseln erörtert und die im Wärmekraftwerk Mintia-Deva für Beseitigung der im Betrieb der Anlagen aufgetretenen Störungen angeführt.

Energetica 19 (1971), H. 12, S. 592–598

DK 621.165–253.5:534.1:539.4

Istrate, I : **Ermittlung einiger für Berechnung der Schwingungen und der Stabilität von Dampfturbinenschaufeln erforderlichen Werte**

Nach Anwendung herkömmlicher Verfahren zur Ermittlung der geometrischen Elemente von Dampfturbinenschaufeln, welche für die Berechnung der Schwingungen und der Standfestigkeit erforderlich sind, wird ein kombiniertes Verfahren vorgeschlagen, welches mit Hilfe Benutzung der Elemente der klassischen Verfahren kurzfristig und mit ausreichender Genauigkeit die Ermittlung der wichtigeren Trägheitsmomente ermöglicht.

Energetica 19 (1971), H. 12, S. 598–602

DK 621.316.1.004.64

Leonte, D. und *Petroianu, Al.* : **Sequenzielles Angehen simultaner Störungen in vermaschten Netzen**

Der Grundgedanke des Aufsatzes besteht in der Reduzierung eines vielfältigen Berechnungsvorganges in eine Aufeinanderfolge von einfacheren Berechnungen.

Energetica 19 (1971), H. 12, S. 602–611

DK 621.315.374

Nicolau, Gh. : **Betrachtungen über die Ausspannung von Freileiterseilen**

Der Beitrag fusst auf einer vom Institut für Studium und Projektierung von Anlagen der Energiewirtschaft und vom Polytechnischen Institut Bukarest ausgeführten Untersuchung, welche neuartige Fragem zu diesem Thema aufwirft.

Energetica 19 (1971), H. 12, S. 611–614

DK 518.2:624.05:621.87:621.311.22

Măcriş, A. : **Berechnung des optimalen Schrittes von Montagevorgängen in Abhängigkeit von der Anzahl und Verteilung der Montagekräne**

Der Verfasser untersucht an Hand operationeller Verfahren eine interessante Frage aus der Praxis der Montage vom Wärmekraftwerken.

Energetica 19 (1971), M. 12, S. 614–616

SOMMAIRE

CD 621.181.3

Gheorghiu, Şt., Pop, M. et *Tardoş, G.* : **Vitesse admissible du chauffage des chaudières à circulation naturelle**

L'article contient une analyse théorique des contraintes qui naissent dans les éléments à parois épaisses des chaudières à circulation naturelle pendant le processus de chauffage, respectivement de refroidissement, caractéristiques pour le démarrage et l'arrêt.

Energetica 19 (1971), no. 12, p. 572–581

CD 697.38:635.98

Athanasovici, V. et *Giuvelea, P.* : **L'alimentation par chaleur des complexes de serres des légumes**

Energetica 19(1971), no. 12, p. 581–589

CD 621.165 :621.175 :687.34

Nicu, Vl.: **La consommation spécifique sous condensation des turbines à soutirages**

L'auteur aborde un problème très actuel concernant la distribution du bilan thermique pour une turbine à condensation et deux soutirages réglables.

Energetica 19 (1971), no. 12, p. 590–591

CD 621.187. 322:621.311.23

Bereş, Fl: **Contributions à la modification du diagramme de l'installation d'évacuation des cendres à la centrale thermique Mintia-Deva**

Présentation des principes des procédés classiques du transport pneumatique des cendres et de solutions appliquées à la centrale thermique Mintia-Deva pour résoudre les difficultés produites pendant l'exploitation des installations existantes.

Energetica 19 (1971), no. 12, p. 592–598

CD 621.165–253.5:534.1:539.4

Istrate, I. : **L'établissement des éléments necessaires aux calculs de vibrations et de résistance des aubes des turbines à vapeur**

A la suite d'un essai classique servant à établir les éléments géométriques des aubes des turbines à vapeur, exigés pour calculer les vibrations et la résistance, on propose une méthode combinée, qui, en employant les éléments des méthodes classiques, permet de déterminer les moments d'inertie principaux dans un temps réduit et avec une précision satisfaisante.

Energetica 19 (1971), no. 12, p. 598–602

CD 621.316.1.004.64

Leonte, D. et *Petroianu, Al.* : **Une approche séquentielle des défauts simultanés dans les réseaux complexes**

L'idée fondamentale consiste dans la réduction d'un procès complexe de calcul à une succession de calculs de dimensions moindres.

Energetica 19 (1971), no. 12, p. 602–611

CD 621.315.374

Nicolau, Gh: **Considérations sur le posage des conducteurs des lignes électriques aériennes**

L'article présente les recherches faites par l'Institut Polytechnique de Bucarest et l'Institut de Projets et d'Etudes Energetiques, qui abordent des problèmes originaux sur ce sujet.

Energetica 19 (1971), no. 12, p. 611–614

CD 518. :624.05:621.87:62.311.22

Măcriş, A. : **Le calcul de la succession optimum du flux de montage d'après le nombre et la distribution des grues de montage**

Les méthodes de recherche opérative sont employées par l'auteur pour traiter scientifiquement un problème intéressant du montage des centrales thermiques.

Energetica 19 (1971), no, p. 614–616

CONTENTS

DC 621. 181. 3

Gheorghiu, Şt., Pop, M. and *Tardoş, G.* : **Allowable heating velocity for natural circulation boilers**

This is a theoretical analysis of stresses developed in the thick-walled parts of natural circulation boilers during the starting, respectively the cooling process, characteristic for startings and stops.

Energetica 19 (1971), no. 12, p. 573–581

DC 697.38:635.98

Athanasovici, V. and *Giuvelea, P.* : **Heating supply of the greenhouse complexes**

Energetica 19 (1971), no. 12, p. 581–589

DC 621.165:621.175:687.34

Nicu, Vl. : **Specific consumption under condensation, of extraction turbines**

The author deals with an up-to-date problem, regarding the breakdown of the heat balance for a condensing turbine with two controlled extractions.

Energetica 19 (1971), no. 12, p. 590–591

DC 621.187.322:621.311.23

Bereş, Fl. : **Some contributions to the modification of the diagram of thr slag removal plant at Mintia-Deva thermal power station**

The principles of classical methodes for the pneumatic transport of ash and the solutions as applied at Mintia-Deva power station for solving difficulties occuring during operation are presented in this article.

Energetica 19(1971), no. 12, p. 592–598

DC 621.165–253.5:534.1:539.4

Istrate, I. : **How to determine some elements necessary to the calculation of vibrations and resistance in steam turbine blades**

Following a classical test for the purpose of establishing geometrical elements of steam turbine blades, needed to calculate vibrations and resistance, the authors propose a combined method which, based on classical ones, allows to determine quickly the main inertia moments, with a satisfying precision.

Energetica 19 (1971), no. 12, 0. 598–602

DC 621.316.1.004.64

Leonte, D. and *Petroianu, Al.* : **A sequential approach to simultaneous failures in complex networks**

The basic ideea consists of the reduction of a complex calculation to a succession of less long ones.

Energetica 19 (1971), no. 12, p. 602–611

DC 621.315.374

Nicolau, Gh. : **Considerations on the laying of overhead line conductors**

This article is based on research carried out at the Institute of Energy Studies and Design and the Bucharest Polytechnical Institute, which consider original problems on this subject.

Energetica 19 (1971), no. 12, p. 611–614

DC 518.2:624.05:621.87:621.311.22

Macriş, A. : **The calculation of the optimal succession of the assembly flux according to the number and the distribution of assembly cranes**

The author uses operational research methods to solve an interesting problem of the assembly of thermal power plants.

Energetica 19 (1971), no. 12, p. 614–616

Viteze admisibile de încălzire la cazanele cu circulaţie naturală

Prof. ing. Şt. Gheorghiu,

ing. M. Pop şi ing. G. Tardoş*)

1. Generalităţi

O problemă actuală mult studiată în literatura de specialitate este pornirea raţională a blocurilor cazan-turbină de condensaţie. Aceasta se explică prin economiile mari realizabile prin reducerea timpilor necesari pornirii la grupurile cu porniri dese, funcţionînd în zona de semibază şi semivîrf a curbei de sarcină.

Metode moderne de calcul de rezistenţă pentru elementele principale ale grupului, adoptarea unor modificări în concepţie, adecvate modului de pornire, precum şi automatizarea acestui proces, sînt căile utilizate pentru micşorarea timpilor de pornire.

ICENERG se preocupă de aplicarea acestor căi la grupurile mai vechi de condensaţie, de puteri şi parametri medii (20–25–50 MW), care, în stadiul actual de dezvoltare a sistemului energetic, funcţionează după un grafic corespunzător zonei de semibază a curbei de sarcină. Această funcţionare presupune oprirea grupurilor în timpul golurilor de sarcină şi repornirea lor cît mai rapidă [1], în scopul reducerii consumului specific mediu zilnic. De aici rezultă importanţa studierii adaptabilităţii acestor grupuri la repornirile după opriri de o noapte şi de sîmbătă pînă luni.

În cadrul acestor preocupări, a fost necesară analiza detaliată a stării de eforturi care apare la elementele cu pereţi groşi sub presiune ai unui cazan cu circulaţie naturală, în cursul pornirilor acestuia de la rece, după opriri de sîmbătă pînă luni şi de o noapte.

După cum rezultă din literatură, aceştia sînt [2]:

— peretele găurit al tamburului (tamburelor), pentru sistemul fierbător;

— peretele găurit al colectorului final al supraîncălzitorului, pentru sistemul supraîncălzitor.

Experimentarea şi aplicarea rezultatelor cercetării se fac pe grupul de 50 MW din CTE Paroşeni, echipat cu un cazan PK–10–P cu circulaţie naturală, avînd: $p_n = 110$ ata; $t_n = 510\,^\circ C$; $D_n = 230$ t/h.

2. Viteza admisbilă de variaţie a temperaturii în peretele unui cilindru gol, găurit, cu presiune interioară

Calculele de rezistenţă care urmează s-au făcut prin reducerea eforturilor ce apar în peretele cilindrului datorită încălzirii, ovalităţii şi presiunii interioare. În calcule s-a luat în considerare doar efortul total la suprafaţa interioară a peretelui, avînd acolo o valoare maximă [3], [7].

2.1. *Efortul termic*

Regimul termic real care caracterizează încălzirea cilindrului metalic al tamburului şi al colectorului supraîncălzitorului în timpul pornirii cazanului este nestaţionar.

Pentru prinderea într-o formulă matematică a fenomenului, se consideră că, peste regimul cvasistaţionar de creştere a temperaturii (cu V_θ = constant), se suprapune, din cînd în cînd, o variaţie bruscă de temperatură asimilabilă şocului termic. Această situaţie apare, de exemplu, la începutul pornirii, datorită alimentării cazanului cu apă.

În cele ce urmează se consideră că încălzirea cilindrului se face din interior în regim cvasistaţionar, iar şocul termic se ia în considerare sub forma unui coeficient de majorare, care rezultă, după nomele ASME [4], prin folosirea, pentru efortul termic, a formulei:

$$\sigma_w = 2E\,\alpha\,\Delta\,\theta \tag{1}$$

în loc de

$$\sigma_w = \frac{E\alpha}{1-\mu}\,\Delta\theta \tag{2}$$

În dezvoltările ulterioare, se mai utilizează şi ipotezele [5]:

— materialul cilindrului este elastic, omogen şi izotrop, deci legea lui Hooke acţionează nelimitat;

— solicitarea rezultantă a materialului se află în domeniul elastic;

— grosimea peretelui metalic este constantă;

— suprafaţa exterioară a cilindrului se consideră izolată ideal;

— caracteristicile de material E, c, a, μ sînt considerate la temperatura medie a metalului cilindrului în intervalul cercetat;

— în zona cercetată este valabil principiul Saint-Vainant;

— dilatările termice nu sînt împiedicate.

Pentru început, se consideră peretele cilindrului fără găuri. În acest caz, ecuaţia care descrie variaţia cîmpului de temperaturi în perete, în timpul încălzirii, este

$$\frac{\partial^2\theta}{\partial R^2} + \frac{1}{R}\,\frac{\partial\theta}{\partial R} = \frac{1}{a}V_\theta \tag{3}$$

---

*) Prof. ing. Ştefan Gheorghiu este profesor la Catedra de cazane şi turbine cu abur a Institutului politehnic Bucureşti; Mihai Pop şi Gavril Tardoş sînt ingineri la ICENERG.

Rezolvînd ecuaţia (3) rezultă temperatura θ a peretelui metalic la raza curentă, R :

$$\theta = \theta_i + \frac{V_\theta}{4a}\left[(R^2 - R_i^2) - 2R_e^2 \, 1n \frac{R}{R_i}\right] \quad (4)$$

În cursul încălzirii cilindrului metalic, la suprafaţa sa interioară apar eforturi de compresiune datorită împiedicării dilatărilor de către materialul aflat în straturile superioare, care este supus întinderii. Repartiţia de eforturi se face astfel, încît există în interiorul peretelui o fibră de efort nul — fibra medie — care are temperatura θ_m. Faţă de acest strat, faţa interioară este solicitată la efortul termic de compresiune

$$\sigma_w = 2E\alpha\,(\theta_m - \theta_i) \quad (5)$$

Temperatura θ_m rezultă scriind echilibrul forţelor termice de întindere şi compresiune în jurul stratului de efort nul [6] :

$$\theta_m = \frac{2}{R_e^2 - R_i^2}\int_{R_i}^{R_e} \theta R \, dR \quad (6)$$

Înlocuind (4) în (6) şi rezolvînd integrala, se obţine

$$\theta_m = \theta_i - \frac{V_\theta R_i^2}{8a}\left(\frac{4u^4}{u^2 - 1} \, 1nu - 3u^2 + 1\right) \quad (7)$$

Înlocuind (7) în (5) rezultă efortul termic la peretele interior al cilindrului negăurit (efort axial şi tangenţial) :

$$\sigma_w = 2E\alpha \frac{V_\theta R_i^2}{8a}\left(3u^2 - 1 - \frac{4u^4}{u^2 - 1} \, 1nu\right) \quad (8)$$

S-a calculat pînă acum efortul termic, datorat exclusiv fluxului termic transversal. Practic însă, la încălzirea unui astfel de cilindru apar diferenţe de temperatură între generatoarele superioară şi inferioară ale acestuia, care duc la apariţia unor eforturi termice ce se iau în considerare printr-o suplimentare cu un coeficient (C_v) al efortului termic calculat mai sus. Din experimentările făcute a rezultat că acest coeficient variază în limite relativ largi cu modul de pornire. Astfel, alegerea unei anumite valori este dificilă şi necesită o analiză aprofundată a fenomenului.

Pentru a ţine seama, în calculul efortului termic, de existenţa găurilor în peretele metalic, se introduc în formula (8) încă doi coeficienţi de majorare, avînd în vedere, pe de o parte concentrarea de eforturi datorită găurilor (α_w), iar pe de altă parte modificarea temperaturii θ_m a fibrei de efort nul (C_s).

Astfel, efortul termic la marginea găurii va fi :

$$\sigma_{gw} = 2E\,\alpha\,C_v\,C_s\,\alpha_w \frac{V_\theta R_i^2}{8a}\left(3u^2 - 1 - \frac{4u^4}{u^2 - 1} 1nu\right) \quad (9)$$

Factorul de formă α_w apare în urma concentrării eforturilor pe conturul unei găuri practicate într-o placă plană, încălzită pe o faţă şi împiedicată să se dilate [10].

Factorul de suprafaţă C_s are expresia [6] :

$$C_s = \frac{\theta'_m - \theta'_i}{\theta_m - \theta_i}, \quad (10)$$

θ'_m fiind tempertura medie a fibrei de efort nul a peretelui găurit.

Dacă în formula (9) se fac notaţiile

$$C_M = a/E\alpha \quad (11)$$

şi

$$C_{geom} = \frac{D_i^2}{16}\left(3u^2 - 1 - \frac{4u^4}{u^2 - 1} \, 1nu\right) \quad (12)$$

se obţine efortul termic la marginea interioară a găurii :

$$\sigma_{gw} = \alpha_w \cdot C_v \cdot C_s \cdot \frac{C_{geom}}{C_M} \cdot V_\theta \quad (13)$$

În figura 1 sînt prezentate, după Kuhlmann [6], valorile constantei C_M pentru diverse materiale în domeniul uzual de temperatură, iar în figura 2 valorile constante C_{geom} pentru diversele valori ale diametrului interior şi ale raportului u.

După cum rezultă din formula (13), pentru un cilindru găurit, la dimensiunile şi materialele date, la o anumită temperatură, efortul termic variază liniar cu viteza de încălzire a acestuia.

2.2. *Efortul datorită presiunii interioare şi ovalităţii*

Dacă se consideră şi în acest caz, pentru început, peretele metalic al cilindrului negăurit, eforturile datorită presiunii au, la suprafaţa interioară, următoarele valori :

$$\sigma_{tg} = \frac{pD_m}{2s}; \quad \sigma_{ax} = \frac{pD_m}{4s}; \quad \sigma_{rad} = -p \quad (14)$$

Prin ovalizare se înţelege abaterea reală de la forma circulară a secţiunii cilindrului metalic, datorită următoarelor cauze :

- tratamentul termic la care este supus ;
- modul de sprijinire a propriei sale greutăţi.

Ovalizarea are ca efect apariția unor eforturi suplimentare (de încovoiere) care au direcție tangențială și, deci, se adună la σ_{tg} din formula (14).

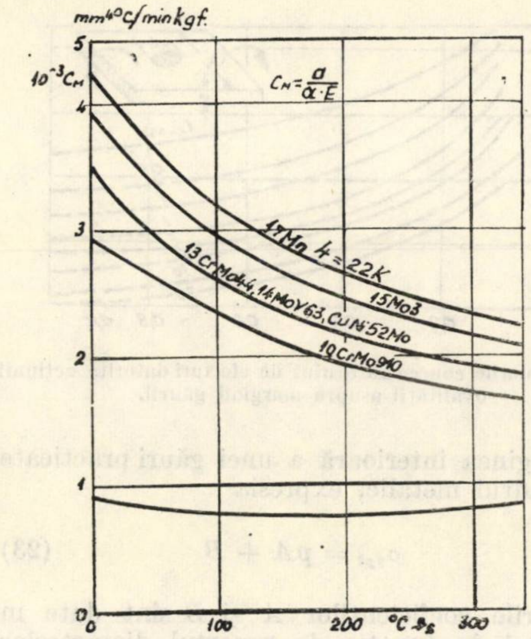
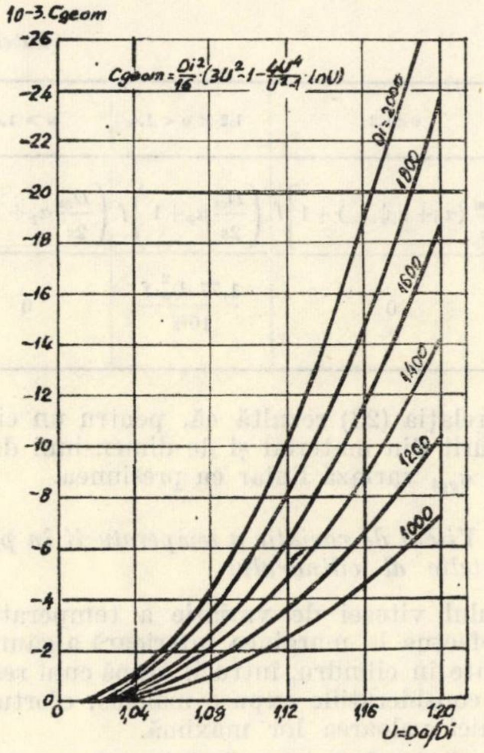


Fig. 1. Valorile constantei de material, C_M.



Pentru calculul acestui efort se disting următoarele situații :

a) Cilindru cu perete subțire ($u<1,2$)

La efortul de încovoiere dat de ovalizare contribuie ambele cauze arătate. Pentru prezentarea sintetică a efortului tangențial, s-a definit, în acest caz, coeficientul ψ [8] ca un raport între efortul datorat ovalității și efortul tangențial, datorat presiunii :

$$\psi = \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{1+m} U \cdot \frac{D_i}{s} \tag{15}$$

în care

$$m = \frac{1-\mu^2}{2} \cdot \frac{p}{E} \left(\frac{D_m}{s}\right)^3 \tag{16}$$

După TRD 104 [8] valoarea ovalității U admisibile este 1%, dacă cilindrul este tratat termic cu detensionare, și 2% în cazul tratamentului termic normal.

Din analiza formulei (15) rezultă că valoarea maximă a coeficientului ψ se obține pentru valori $m = 0$, adică atunci cînd presiunea interioară este nulă.

În felul acesta, valoarea maximă a coeficientului ψ devine

$$\psi_{max} = 3/2\ U_{adm} \cdot \frac{D_i}{s} \tag{17}$$

Efortul maxim, datorat ovalizării, este, deci

$$\sigma_i = \sigma_{tg} \cdot \psi_{max} = \frac{pD_m}{2s} \cdot \left(3/2 \cdot U_{adm} \frac{D_i}{s}\right) \tag{18}$$

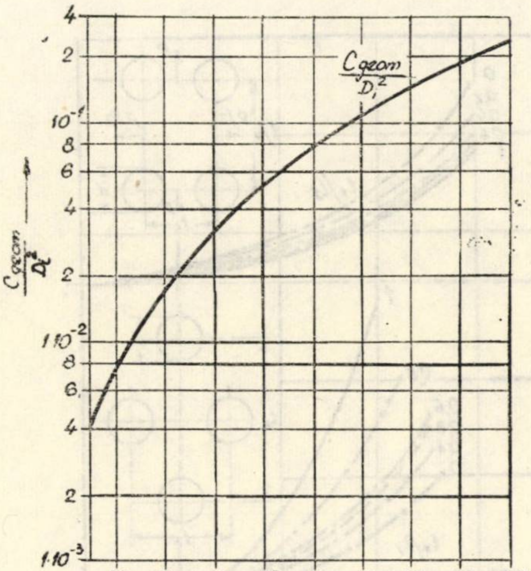


Fig. 2. Valorile constantei geometrice, C_{geom}.

b) Cilindru cu pereți groși ($1,2 < u < 1,4$)

La efortul de încovoiere dat de ovalizare contribuie comportarea cilindrului în cursul tratamentului termic, cînd acesta se înmoaie ca urmare a propriei sale greutăți și a temperaturii ridicate de tratament. Henjes [8] a dedus o relaţie între efortul datorat ovalităţii, diametrul cilindrului şi grosimea peretelui, de forma

$$\sigma_i = \frac{1{,}77\ D_m^2}{10^5\ s} \qquad (19)$$

c) Cilindru cu pereţi foarte groşi (u>1,4)

În această situaţie efortul de încovoiere datorat ovalităţii se poate neglija, datorită valorii extrem de mici a acesteia [9], deci $\sigma_i = 0$.

Aplicînd ipoteza forţelor tăietoare, pentru efortul redus datorat presiunii şi ovalităţii, se obţine

$$\sigma_{pi} = (\sigma_{tg} + \sigma_i) - \sigma_{rad} \qquad (20)$$

Pentru a ţine seama de faptul că peretele cilindrului este găurit, efortul σ_{pi} din formula (20) trebuie majorat, avîndu-se în vedere concentratorii de efort ce iau naştere la marginea găurilor, astfel:

$$\sigma_{gpi} = [(\alpha_p \cdot \sigma_{tg} + \alpha_i\ \sigma_i) - \sigma_{rad}]\ f \qquad (21)$$

în care f ţine seama de adaptarea concentratorilor de efort α_i şi α_p, de la peretele plan găurit la cel cilindric, şi are expresia [6]

$$f = 1 + \frac{1{,}15\ d^2}{D_e \cdot s} \qquad (22)$$

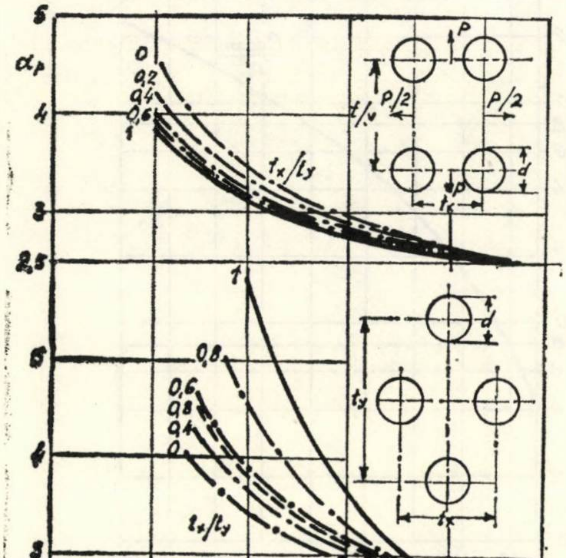


Fig. 3. Valorile concentratorului de eforturi datorită acţiunii presiunii la marginea găurii.

Concentratorii de efort α_p şi α_i au fost determinaţi de Dietmann [9] şi sînt prezentaţi în figurile 3 şi 4.

Înlocuind în formula (21) expresiile (14) (15), (16), (17), (18) şi (19), se obţine, pentru efortul redus datorită presiunii şi ovalităţii

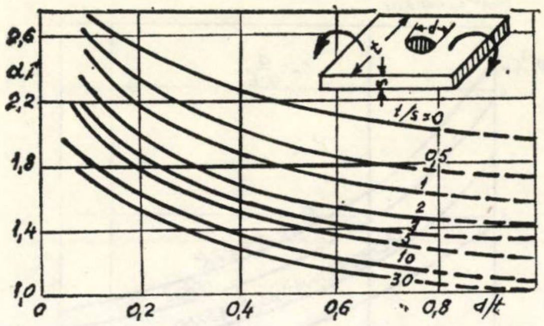


Fig. 4. Valorile concentratorului de eforturi datorită acţiunii ovalităţii asupra marginii găurii.

la marginea interioară a unei găuri practicate în cilindrul metalic, expresia

$$\sigma_{gpi} = pA + B \qquad (23)$$

Valorile coeficienţilor A şi B sînt date în tabelul 1 în funcţie de raportul diametrelor cilindrului (u).

Tabelul 1

u	$u<1{,}2$	$1{,}2 < u < 1{,}4$	$u > 1{,}4$
A	$\left[\frac{D_m}{2s}(\alpha_p + \alpha_i \psi_{max}) + 1\right] f$	$\left(\frac{D_m}{2s}\alpha_p + 1\right) f$	$\left(\frac{D_m}{2s}\alpha_p + 1\right) f$
B	0	$\frac{1{,}77\ D_m^2 f}{10^5 s}$	0

Din relaţia (23) rezultă că, pentru un cilindru găurit din material şi de dimensiuni date, efortul σ_{gpi} variază liniar cu presiunea.

2. 3. *Viteza de variaţie a temperaturii în peretele metalic al cilindrului*

Calculul vitezei de variaţie a temperaturii se va efectua la marginea interioară a găurilor practicate în cilindru, întrucît, după cum rezultă din consideraţiile expuse mai sus, eforturile ating aici valoarea lor maximă.

În afară de efortul termic (13) şi de cel datorat presiunii (23), peretele interior al cilindrului, la marginea unei găuri, este supus şi efortului remanent de precomprimare (σ_{Pg}) rezultat din funcţionările anterioare. El se calculează ca diferenţă între limita de curgere la tracţiune, la temperatura de funcţionare în regim nominal (K_n^t), şi efortul maxim creat de presiune la marginea găurii (σ_{gpi}^{max}), ponderată de raportul modulelor de elasticitate la temperatura nominală şi temperatura curentă [6]:

$$\sigma_{Pg} = (K_n - \sigma_{gpi}^{max}) \; E/E_n \tag{24}$$

Dacă se consideră cu semnul minus eforturile de comprimare σ_{gw} şi σ_{Pg} şi cu semnul plus eforturile datorate presiunii σ_{gpi}, la marginea interioară a găurii practicate în cilindru, efortul total are expresia

$$\sigma = \sigma_{gw}^{-} + \sigma_{Pg}^{-} + \sigma_{gpi}^{+} \tag{25}$$

Efortul total la marginea găurii (σ) trebuie să fie cuprins, în tot timpul încălzirii, între limita de curgere la compresiune, $-K$, şi limita de curgere la întindere, $+K$, variabile cu temperatura. Astfel, pentru o stare de pretensionare şi o presiune interioară dată, la o anumită temperatură a peretelui metalic rezultă o anumită rezervă pentru efortul termic, şi, deci, o viteză admisibilă de variaţie a temperaturii.

Înlocuind, în formula (25), σ cu $-K$, rezultă valoarea admisibilă a efortului termic,

$$\sigma_{gw}^{adm} = -K - \sigma_{Pg} - \sigma_{gpi} \tag{26}$$

Dacă în această formulă se înlocuieşte σ_{gw} din (13), σ_{Pg} din (24), iar σ_{gpi} şi σ_{gpi}^{max} din (23)' se obţine, pentru viteza admisibilă de variaţie a temperaturii în peretele metalic găurit, expresia

$$V_\theta = \frac{C_M}{\alpha_w C_s C_v C_{geom}} \Big[-Ap - K + \\ + \frac{E}{E_n}(Ap_n - K_n^{\cdot}) + B\,(E/E_n - 1) \Big] \tag{27}$$

Deci, viteza de încălzire depinde de modul de variaţie a presiunii interioare şi a limitei de curgere la compresiune (care scade o dată cu creşterea temperaturii). Valoarea cea mai mică pentru această viteză şi deci regimul periculos se atinge la temperatura maximă corespunzătoare presiunii minime de-a lungul încălzirii cilindrului.

Această situaţie defineşte teoretic regimul denumit critic, care se determină cu exactitate, experimental [6], [10] (avîndu-se în vedere şi variaţiile constantelor C_M şi E cu temperatura, greu de obţinut analitic).

Înlocuind K, E, C_M şi p cu valorile corespunzătoare regimului critic, se obţine valoarea vitezei de încălzire admisibile în regimul periculos.

3. Viteza admisibilă de încălzire a tamburului

La baza calculelor pentru deducerea formulei (27) au stat ipotezele prezentate la punctul 2.1. Acestea sînt respectate în timpul încălzirii tamburului la pornirea cazanului. Formula ţine seamă şi de efectul diferenţei de temperatură între generatoarele diametral opuse ale cilindrului, precum şi de neuniformitatea fluxului termic datorată cîmpului de găuri — fenomene specifice tamburelor în timpul pornirii cazanului.

Pentru aplicarea formulei (27) la tambur se fac următoarele înlocuiri acoperitoare:

— factorul de formă, $\alpha_w = 2$ [6];

— coeficientul de suprafaţă, $C_s = 1$ [6];

— coeficientul de modificare a vitezei de încălzire, $C_v = 1{,}2$ [10];

— raportul $E/E_n = 1{,}1$ pentru temperaturi ale metalului cuprinse între 100 şi 320 °C [6];

— $B = 0$ pentru $u < 1{,}2$ (cazul general al tamburelor).

Se obţine expresia generală a vitezei admisibile de încălzire a peretelui unui tambur

$$V_\theta^t \leqslant 0{,}415 \frac{C_M^t}{C_{geom}^t} [-A^t p - K^t + 1{,}1\,(A^t p_n - K_n^t)] \tag{28}$$

În această expresie, parametrii variabili în timpul pornirii (presiunea şi temperatura) determină o variaţie importantă a vitezei admisibile de încălzire (fig. 5).

În cursul acestui proces în tambur, presiunea şi temperatura fazelor apă şi abur sînt legate biunivoc; astfel, obţinînd din (28) un regim de creştere a temperaturii, rezultă, în fond, un regim de creştere a presiunii în cazan.

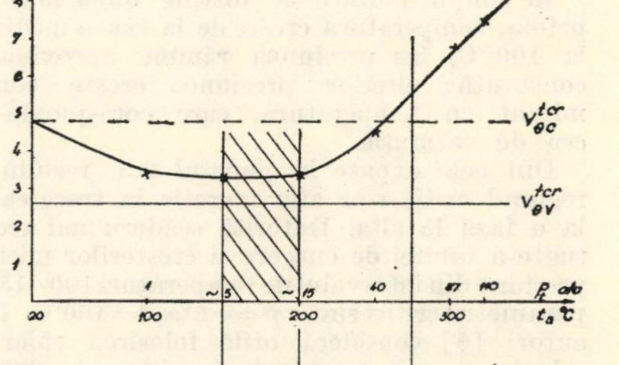


Fig. 5. Viteza admisibilă de încălzire a tamburului principal al cazanului PK 10 P.

Determinînd viteza de încălzire a peretelui metalic al tamburului în regim critic şi admiţînd-o în tot intervalul de pornire, se obţine un regim de creştere a presiunii acoperitor (fig. 6). De aici rezultă importanţa regimului critic pentru calculele de eforturi în timpul pornirii.

3.1. *Viteza minimă de încălzire a peretelui tamburului la pornirea de la rece*

Se defineşte drept stare rece a cazanului, acea stare în care presiunea din tambur este nulă ($p_t = 0$ kgf/mm²), iar temperatura din cazan egală cu temperatura mediului.

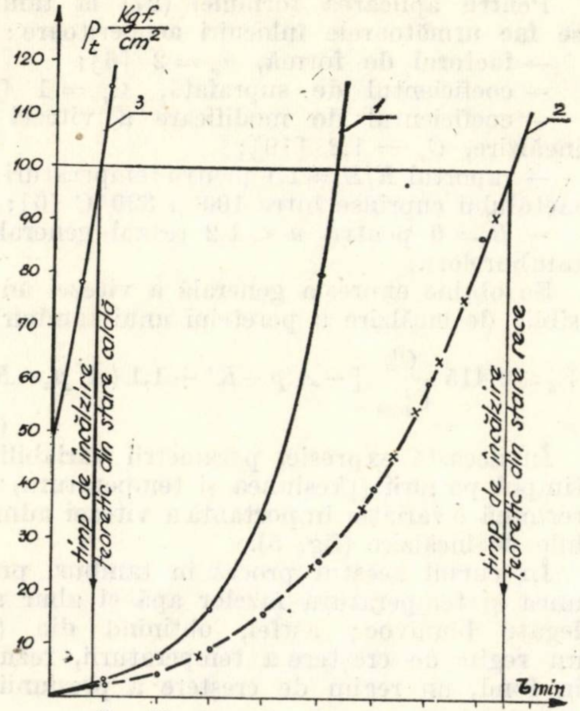


Fig. 6. Regimul teoretic de creştere a presiunii în tamburul principal al cazanului PK 10 P:

1 – creşterea de presiune în tambur corespunzător vitezei admisibile de încălzire V_θ^t; *2* – idem, corespunzător $V_{\theta r}^{tcr}$; *3* – idem, corespunzător $V_{\theta c}^{tcr}$

În timpul pornirii se disting două faze : în prima, temperatura creşte de la cea a mediului la 100 °C, iar presiunea rămîne aproximativ constantă ; ulterior presiunea creşte concomitent cu temperatura, care corespunde cu cea de saturaţie.

Din cele expuse la punctul 2.3 rezultă că regimul critic s-ar afla teoretic la trecerea de la o fază la alta. Datorită scăderii mai accentuate a limitei de curgere şi creşterilor mici de presiune din intervalul de temperaturi 100–150°C parametrii critici sînt : $p = 0$ ata, $t = 150$°C. Unii autori [6] consideră utilă folosirea chiar în calcule a unei temperaturi critice de 200 °C, ceea ce introduce un coeficient de siguranţă faţă de fenomenul real. Cum adeseori caracteristicile de materiale nu se găsesc la temperaturi de 150°C, această ipoteză este folositoare şi din punct de vedere practic.

Cu aceste considerente se obţine din (28) expresia vitezei de încălzire minime la pornirea de la rece a cazanului :

$$V_{\theta r}^{tcr} = 0{,}415 \frac{C_{M200}^t}{C_{geom}^t} \left[-K_{200}^t + 1{,}1 \left(A^t p_n - K_n^t \right) \right] \tag{29}$$

3.2. *Viteza minimă de încălzire a peretelui tamburului în pornirea de la cald*

Trebuie să se urmărească în mod deosebit două din stările calde ale cazanului : după opriri de o noapte (5 1/2–6 1/2 h) şi după opriri de sîmbătă pînă luni (26–28 h).

Autorii au efectuat exprimentări, la cazanul PK–10–P de la CTE Paroşeni, pentru definirea cît mai corectă a acestor stări.

În starea caldă, după opriri de o noapte, presiunea în tambur $p_t \geqslant 1/2 p_n$, iar după opriri de sîmbătă pînă luni $p_t \geqslant 0$ kgf/cm².

Avînd în vedere presiunea menţionată în cazul stării calde după opriri de sîmbătă pînă luni, pentru determinarea vitezei minime de de încălzire se aplică ecuaţia (29).

În cazul stării calde după opriri de o noapte, regimul critic apare chiar la începutul pornirii. Considerînd în formula (28) $p_t = p_n/2$ şi, acoperitor, $K_{critic}^t = K_n^t$ (valoare confirmată de practică) rezultă pentru viteza de încălzire minimă, în cazul pornirii din stare caldă după opriri de o noapte, expresia

$$V_{\theta c}^{tcr} = 0{,}871 \frac{C_{Mn}^t}{C_{geom}^t} \left(0{,}286\ A^t p_n - K_n^t \right) \tag{30}$$

4. Viteza admisibilă de încălzire a colectorului final al supraîncălzitorului

Ipotezele prezentate la punctul 2.1, pe baza cărora s-a dedus formula generală (27), sînt valabile şi pentru încălzirea colectorului final al supraîncălzitorului. Acesta este, de obicei un cilindru cu pereţi groşi ($u \geqslant 1{,}4$) la care, deci, efectul ovalităţii este neglijabil.

Datorită existenţei în colector a unei singure faze fluide încălzitoare, nu apar eforturile generate de diferenţa de temperatură între două generatoare diametral opuse.

Pentru determinarea formulei vitezei de încălzire a peretelui metalic al colectorului supraîncălzitorului, în formula (27) se fac următoarele înlocuiri :

— factorul de formă, $\alpha_w = 2$ [6] ;

— coeficientul de suprafaţă, $C_s = 1$ [6] ;

— coeficientul de modificare a vitezei de încălzire, $C_v = 1$;

— raportul $E/E_n = 1{,}2$ pentru temperaturi între 100 şi 500°C ;

— $B = 0$ pentru $u > 1{,}4$.

Se obţine :

$$V_\theta^{si} \leqslant 0{,}5 \frac{C_M^{si}}{C_{geom}^{si}} \left[-A^{si} p - K^{si} + 1{,}2 \left(A^{si} p_n - K_n^{si} \right) \right] \tag{31}$$

În colector, temperatura aburului supraîncălzit variază relativ independent faţă de presiune, care, în cursul pornirii, este aproximativ egală cu cea din tambur, datorită circulaţiei reduse de abur. Regimul de presiuni din cazan este determinat în timpul pornirii, aşa cum s-a arătat la punctul 3, de viteza de încălzire a peretelui tamburului. Calculînd viteza admisibilă de încălzire a peretelui colectorului final al supraîncălzitorului, se obţine regimul de creştere admisibil al temperaturii aburului supraîncălzit produs de cazan în timpul pornirii.

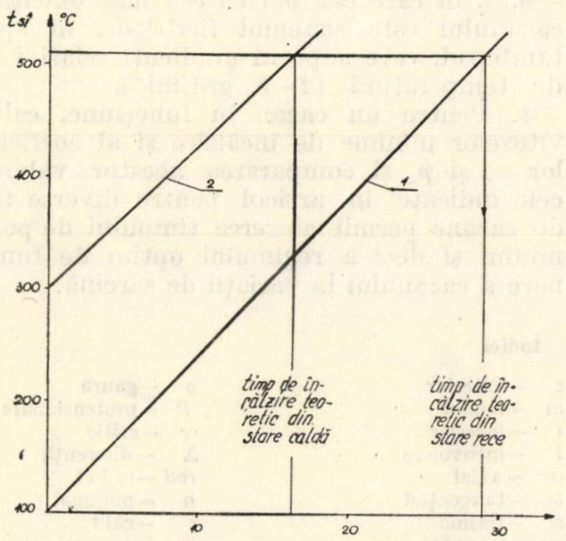


Fig. 7. Regimul teoretic de creştere a temperaturii în colectorul final al supraîncălzitorului cazanului PK 10 P: *1* – creşterea de temperatură în colectorul final al supraîncălzitorului, corespunzător vitezei de încălzire $V_{\theta r}^{s\hat{\imath}\, cr}$; *2* – idem, corespunzător vitezei de încălzire $V_{\theta c}^{s\hat{\imath} cr}$.

Dacă se admite ca viteză de încălzire, în tot cursul pornirii, viteza calculată în regim critic, se obţine un regim acoperitor de creştere a temperaturii aburului supraîncălzit (fig. 7).

Din experimentările efectuate de autori la un cazan PK—10—P a rezultat că, aproximativ după patru ore de la oprirea cazanului, temperaturile şi presiunile din supraîncălzitor devin egale cu cele din tambur, rezultat confirmat şi de alte cercetări [11].

Astfel, stările cazanului definite la punctele 3.1 şi 3.2 sînt valabile şi aici.

4.1. *Viteza minimă de încălzire a colectorului final al supraîncălzitorului la pornirea de la rece a cazanului*

Regimul critic la încălzirea colectorului are loc în aceleaşi condiţii de presiune şi temperatură cu cele definite pentru tambur, adică $p = 0$ ata şi $t = 200\ ^\circ\mathrm{C}$.

Cu aceste observaţii, se obţine din (31) expresia vitezei minime de încălzire a colectorului:

$$V_{\theta r}^{s\hat{\imath} cr} = 0{,}5\, \frac{C_{M200}^{s\hat{\imath}}}{C_{geom}^{s\hat{\imath}}}[- K_{200}^{s\hat{\imath}} + 1{,}2\, (A^{s\hat{\imath}} p_n - K_n^{s\hat{\imath}})] \quad (32)$$

4.2. *Viteza minimă de încălzire a colectorului final al supraîncălzitorului la pornirea de la cald a cazanului*

Întrucît starea caldă a colectorului s-a definit identic cu cea a tamburului, rezultă că cele arătate la punctul 4.1. se aplică şi pentru cazul stării calde după opriri de sîmbătă pînă luni.

La fel ca la tambur, regimul critic la starea caldă după opriri de o noapte apare la începutul pornirii, cînd în colector presiunea este $p_{s\hat{\imath}} = 1/2\, p_n$, iar temperatura (t_s) este aleasă acoperitor faţă de cea de saturaţie corespunzătoare presiunii din tambur (p_t).

Rezultă viteza minimă de încălzire a colectoarelor în această situaţie:

$$V_{\theta c}^{s\hat{\imath} cr} = 0{,}5 \frac{C_{Mts}^{s\hat{\imath}}}{C_{geom}}[0{,}7\, A_{pn}^{s\hat{\imath}} - (K_{ts}^{s\hat{\imath}} + 1{,}2\, K_n^{s\hat{\imath}})] \quad (33)$$

5. Corelaţia între vitezele minime de încălzire a peretelui tamburului şi a colectorului final al supraîncălzitorului

Vitezele de încălzire admisibile, calculate în formulele (28) şi (31), variază diferit în cursul pornirii cazanului, şi din această cauză variază şi raportul lor. Studierea acestei variaţii nu prezintă o importanţă practică, întrucît regimul de pornire se alege, din motive de siguranţă, cel corespunzător stării critice (conform celor arătate la punctele 3 şi 4) şi, în plus, numărul mare de variabile independente îngreunează urmărirea globală a variaţiei raportului.

Se propune utilizarea în exploatare şi în proiectare a raportului vitezelor critice de încălzire, definitorii în tot cursul prcesului de pornire.

Prin utilizarea acestei definiţii, este determinat raportul acelor viteze de încălzire care conduc la aceleaşi solicitări (%) în pereţii metalici ai tamburului şi ai colectorului final al supraîncălzitorului. Avînd în vedere cele afirmate la punctele 3 şi 4, şi anume că viteza de încălzire (V_θ^t) a peretelui tamburului determină variaţia presiunii de saturaţie, iar viteza de încălzire $(V_\theta^{s\hat{\imath}})$ a peretelui colectorului final al supraîncălzitorului determină variaţia temperaturii aburului supraîncălzit (presiunea în supraîncălzitor fiind practic egală cu presiunea de saturaţie), rezultă că între aceste viteze există şi o relaţie funcţională. Ţinînd seamă de limitările impuse de rezistenţa materialului, raportul (p), astfel calculat, este definitoriu pentru proiectarea cazanului şi limitativ în exploatarea lui.

Raportul (p) are următoarele expresii:

a) pentru porniri de la rece:

$$p_r = \frac{V_{\theta r}^{t cr}}{V_{\theta r}^{s\hat{\imath} cr}} \quad (34)$$

b) pentru porniri de la cald (după opriri de scurtă durată):

$$p_c = \frac{V_{\theta c}^{tcr}}{V_{\theta c}^{sicr}} \tag{35}$$

Din considerațiile de mai sus, rezultă că, în cazul în care raportul p_c are valori în jurul a 0,1, partea cea mai solicitată este colectorul final al supraîncălzitorului, întrucît el suportă viteze de variație a temperaturii mai mari (15—20 grd/min). Acesta este cazul tipic al cazanelor de vîrf, pentru care, din acest motiv, proiectele indică reducerea temperaturii aburului viu la valori moderate (450—500 °C). Timpul teoretic de pornire se indică aici în funcție de posibilitățile de rezistență ale supraîncălzitorului.

Pentru valori ale raportului p_r de 0,45 — 0,5, partea cea mai solicitată a cazanului este tamburul; acesta suportă creșteri rapide de temperatură (2—5 grd/min), realizate cu ajutorul unei scheme adecvate de pornire (încălzirea puternică a ecranelor inferioare ale cazanului).

Parametrii aburului viu pot fi aleși, în acest caz, ridicați, timpul teoretic de pornire depinzînd în primul rînd de viteza de creștere a temperaturii de sturație din sistemul fierbător.

Deci, în funcție de modul în care urmează a se folosi cazanul în timpul exploatării, trebuie acordată o importanță deosebită proiectării supraîncălzitorului cazanului sau tamburului acestuia; reducerea timpilor de pornire se face prin mărirea vitezelor admisibile de încălzire.

Concluzii

1. Viteza admisibilă de variație a temperaturii metalului peretelui tamburului și colectorului supraîncălzitorului permite caracterizarea comportării de rezistență a cazanului în timpul pornirii de la cald și de la rece a acestuia, precum și determinarea elementului de cazan maxim solicitat pentru un anumit mod de pornire.

2. Corelația între vitezele admisibile de încălzire ale peretelui tamburului și colectorului final al supraîncălzitorului este determinantă pentru regimul de variație a presiunii din sistemul fierbător și a temperaturii metalului supraîncălzitorului în cursul pornirii.

3. Se propune utilizarea, în exploatare și proiectare, a raportului vitezelor minime de variație a temperaturii metalului peretelui tamburului și a colectorului supraîncălzitorului (diferit pentru porniri de la rece și de la cald), astfel:

— pentru proiectarea unui cazan de vîrf este utilă luarea în considerare a unor valori cît mai mici ale coeficientului p_c (0,1 — 0,12), în care caz partea cea mai solicitată a cazanului este supraîncălzitorul, în special colectorul final al acestuia, care suportă gradienți maximi de temperatură (15—20 grd/min);

— pentru proiectarea unui cazan de bază sau semibază este utilă luarea în considerare a unor valori mari pentru coeficientul p_r (0,45 —0,5), în care caz partea cea mai solicitată a cazanului este sistemul fierbător, în special tamburul, care suportă gradienți relativi mari de temperatură (2—5 grd/min).

4. Pentru un cazan în funcțiune, calculul vitezelor minime de încălzire și al coeficienților p_c și p_r și compararea acestor valori cu cele indicate în articol pentru diverse tipuri de cazane permit alegerea timpului de pornire minim și deci a regimului optim de funcționare a cazanului la variații de sarcină.

Indici

e —exterior
m —mediu
i —interior
t —încovoiere
ax —axial
tg —tangențial
w —termic
max —maxim
p —datorit presiunii
adm—admisibil
g —gaură
P —pretensionare
cr —critic
Δ —diferență
rad —radial
n —nominal
c —cald
r —rece
s —saturație

Simboluri

$E\left[\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}\right]$ —modul de elasticitate
$\alpha\left[\frac{1}{\text{C}^0}\right]$ —coeficient de dilatare liniară
ε —alungire specifică
θ[°C] —temperatură
τ[minute] —timp
μ —coeficient de contracție liniară
V_θ[grd/min] —viteza de variație a temperaturii
a[m²/h] —difuzibilitate termică
c[kcal/kg°C] —căldură specifică
R[mm] —raza
s[mm] —grosimea peretelui metalic
$u = Re/Ri$ —raportul razelor
C_v —coeficient de modificare a vitezei de încălzire
C_s —coeficient de suprafață
d[mm] —diametrul găurii
f —factor de echivalare
K[kgf/mm²] —limită de curgere
p[kgf/mm²] — presiunea
u[%] —ovalitatea
ψ —raportul efortului tangențial datorat ovalității
D [mm] —diametrul
σ[kgf/mm²] —efort
α_w —factor de formă
α_p —concentrator de eforturi datorită acțiunii presiunii la marginea găurii
α_t —concentrator de efort datorită acțiunii ovalității asupra marginii găurii
$C_M\left[\frac{\text{mm}^4\ \text{C}^\circ}{\text{min. kgf}}\right]$—constanta de material
C_{geom} —constantă geometrică

Bibliografie

[1] Pop, M., Tardoş, G. şi Badea, A. *stabilirea modulului economic de funcţionare a grupurilor cu condensaţie de putere medie, în timpul golurilor de sarcină.* Energetica, nr. 7, 1971.

[2] Henjes, G. *Spannungsverhältnisse an zwei Kesseltrommeln und einem Überhitzersammler sowie deren Einfluss auf die Künftige Betriebsweise.* VGB Mitt., nr. 5, 1969.

[3] Dinculescu, C., Burducea, C. şi Leca, A. *Reţele termice şi hidropneumatice.* Editura ştiinţifică, Bucureşti, 1969.

[4] * * * *ASME Pressure Vessel Code*, p. III, 1963/1965.

[5] Pich, R. *Die Berechnung der elastischen, instationären Wärmespannungen in Platten, Hohlzylindern und Hohlkügeln mit quasistationären Temperaturfeldern.* VGB Mitt. nr. 87 (64).

[6] Kuhlmann, A. ş.a. *Spannungsverhältnisse beim An- und Abfahrvorgang in Trommeln von Wasserrohrkesseln.* VGB Mitt., nr. 101 (1966), p. 93—106.

[7] Ulrich, E. *Berechnung und graphische Ermittlung der Zulässigen Aufheiz- und Abkülgeschwindigkeiten von Hohlzylindern unter Innendruck bei quasistationären Temperaturfeld in der Wand.* B. W. K., 18, 1966, nr. 1, p. 8—11.

[8] Henjes, G. *Spannungsverhältnisse an 30 Kesseltrommeln der Baujahre 1939 bis 1969.* VGB Mitt, nr. 4, 1969, p. 281—296.

[9] Dietmann, H. *Spannungen in Lochfeldern.* Mitt. der MPA, Stuttgart, 1965.

[10] Wellinger, K. *Wärmespannungen in Kesseltrommeln.* VGB Mitt., nr. 6, 1968.

[11] Buzzi, E., Castelli, F. şi Leardini, T. *Conception des centrales à vapeur, en vue de leur participation en réglage sans augmentation excessive des consommations spécifiques.* Conférence Mondiale de l'Energie, session partielle, Suisse, Septembre 1964, Rapport 9.

(Articol intrat în redacţie la 1 ianuarie 1971)

Soluţii de alimentare cu căldură a complexelor de sere legumicole

Generalităţi

Ing. V. Athanasovici şi ing. P. Giuvelea*)

Serele reprezintă construcţii speciale în interiorul cărora se menţine un climat dirijat, în funcţie de natura şi gradul de dezvoltare a culturii. Factorii climatici care trebuie dirijaţi în interiorul unei sere sînt: temperatura şi umiditatea aerului şi a solului şi iluminarea. Există instalaţii de cercetare a serelor, de dimensiuni mici, care reprezintă construcţii blindate în care factorii climatici sînt controlaţi şi dirijaţi cu precizie, folosind instalaţii automate complexe de climatizare. În aceste incinte, factorii climatici interiori sînt independenţi de cei exteriori.

În serele legumicole industriale nu pot fi realizaţi simultan toţi factorii de microclimat la valoarea lor optimă, deoarece costul produselor s-ar ridica sensibil. De aceea aceste unităţi sînt realizate pe principiul obţinerii producţiei maxime cu investiţii minime, folosind în acest scop iluminarea naturală şi factorii favorabili ai climatului exterior, iar prin alimentarea cu căldură se menţine temperatura aerului şi a solului, în funcţie de cultura respectivă.

În interiorul acestor construcţii, culturile forţate se obţin în cursul unui ciclu anual în două cicluri sau în flux continuu.

În acest articol se vor face referiri numai la serele prevăzute cu instalaţii de încălzire.

Microclimatul complexelor mari de sere legumicole nu satisface pe deplin regimul optim de dezvoltare a culturilor. Astfel, datorită lipsei curenţilor de aer nu se poate realiza un schimb satisfăcător de umiditate între frunze şi mediul ambiant; de asemenea, luminozitatea nefiind controlată, procesele de fotosinteză au loc numai în funcţie de iluminarea naturală, care, la rîndul ei, depinde de nebulozitatea atmosferei, de natura materialului transparent, precum şi de depunerile de pe acoperiş. În etapa actuală de dezvoltare a culturilor forţate din ţara noastră, pentru menţinerea temperaturii interioare în complexele de sere legumicole, sînt necesare consumuri de căldură relativ mari, acoperite din CET, care folosesc ca agent termic apa fierbinte cu temperatura maximă de 150 °C.

Consumul maxim de căldură este de aproximativ 2,7 Gcal/ha.h. Pentru suprafeţe relativ reduse — pînă la un ha — o neconcordanţă între cantitatea livrată şi cea consumată nu creează probleme economice prea complicate. În cazul complexelor mari de sere, aceste neconcordanţe influenţează sensibil preţul de cost al produselor şi mărimea producţiei. Pentru exemplificare, se citează că la complexul de sere legumicole I.A.S. Popeşti-Leordeni, cu o suprafaţă de 140 ha, costul încălzirii reprezintă 40% din preţul de cost al produselor. Printr-o reglare corespunzătoare a cantităţii de căldură livrată, ţinînd seamă de aportul radiaţiei solare, se poate reduce cu o treime consumul anual de căldură. Avînd în vedere faptul că în ţara noastră sînt alimentate cu căldură din CET circa 600 ha de sere, rezultă importanţa ce trebuie acordată acestei probleme, ţinîndu-se seamă de ansamblul sursă-consumator.

---

*) Ing. Victor Athanasovici este asistent la Institutul politehnic Bucureşti, Catedra centrale electrice; ing. Pompilius Giuvelea este proiectant la I.R.M.E.

Centrala electrică de termoficare — sursă de căldură pentru complexele mari de sere legumicole

În actuala etapă de dezvoltare a termoficării, în România s-a adoptat alimentarea cu căldură a complexelor de sere din CET, care asigură simultan, în cele mai dese cazuri, și necesarul de căldură al consumatorilor urbani. Desigur, utilizarea ca agent termic a apei fierbinți — cu temperatura maximă de 150°C — conduce la avantajele cunoscute în ceea ce privește eficiența termoficării, dar aceasta trebuie privită pe ansamblul format din sursă și consumator. Acest lucru este necesar cu atît mai mult cu cît, în ultimul timp, ponderea consumului de căldură pentru sere a crescut considerabil față de consumul urban (raportul între cantitățile anuale de căldură necesare serelor față de consumatorii urbani poate ajunge în anumite cazuri pînă la 75%).

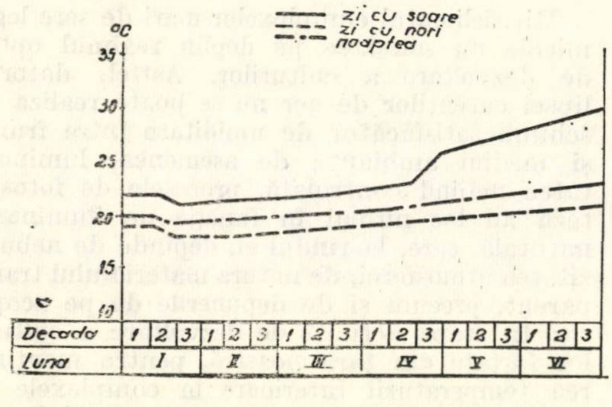


Fig. 1. Variația temperaturii interioare optime din sere pentru cultura de tomate.

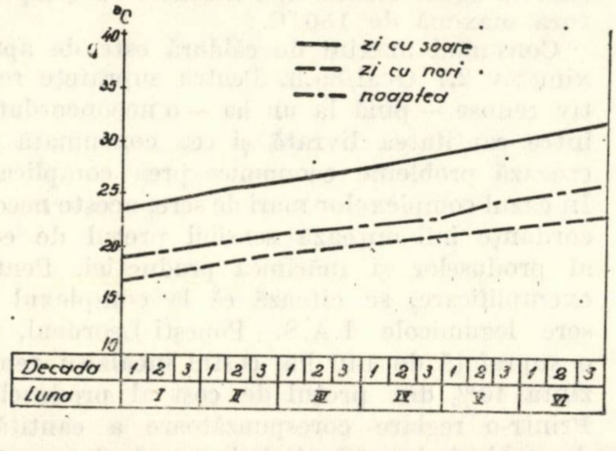


Fig. 2. Variația temperaturii interioare optime din sere pentru cultura de castraveți și pepeni.

Avîndu-se în vedere aceste aspecte, se impune optimizarea funcționării în ansamblu a serelor legumicole și a consumatorilor urbani cu cea a CET, cu atît mai mult cu cît cei doi consumatori de căldură prezintă o serie de aspecte comune privind alimentarea cu căldură.

După cum s-a văzut, dezvoltarea optimă a plantelor în sere se realizează prin menținerea elementelor microclimatului acestora într-un domeniu caracterstic fiecărei culturi și gradului ei de dezvoltare.

Unul dintre principalii factori ai microclimatului interior îl constituie temperatura aerului, care în general poate prezenta neuniformități de repartizare ce pot ajunge pînă la circa 20 grade [1], [2]. Aceasta determină o creștere neuniformă a plantelor și poate conduce chiar la apariția unor efecte dăunătoare, în cazurile în care temperatura se menține prea mult timp la o valoare coborîtă, de exemplu, în dreptul pereților reci ai serei. Valorile optime ale temperaturii interioare depind de natura plantelor, de stadiul de dezvoltare a culturii de perioada din ciclul noapte-zi, ca și de nebulozitatea atmosferei, după cum rezultă din figurile 1 și 2 [3].

Pentru a asigura dezvoltarea corespunzătoare a culturii, umiditatea relativă optimă a aerului interior este, de asemenea, funcție de natura culturii și de gradul ei de dezvoltare, situîndu-se, de exemplu, între 55—70% pentru tomate, și 85—95% pentru castraveți și pepeni [3]. Acest grad ridicat de umiditate este realizat cu ajutorul instalațiilor de ploaie artificială, sub forma unor duze de pulverizare repartizate uniform pe suprafața cultivată. Pe lîngă menținerea unei umidități corespunzătoare în interiorul serei, aceste instalații servesc și la stropirea cu substanțe nutritive necesare bunei lor dezvoltări.

În ceea ce privește viteza de deplasare a aerului, se consideră că este optimă valoarea de maximum 0,5 m/s [4]. Viteza mai mari sînt avantajoase numai pentru dezvoltarea anumitor plante, cum ar fi tomatele și unele flori, însă pentru castraveți vitezele mari sînt dăunătoare, cauzînd îngălbenirea frunzelor și chiar distrugerea plantelor.

Uscarea mai rapidă a solului, datorită încălzirii acestuia, nu creează dificultăți (datorită instalațiilor de ploaie artificială), exercitînd totodată o influență favorabilă și asupra dezvoltării culturilor.

Un element indispensabil procesului de fotosinteză este conținutul de bioxid de carbon din aerul interior, care trebuie menținut în limitele prescrise. Realizarea îmbogățirii aerului din seră cu bioxid de carbon se face cel mai adesea prin aerisirea sau prin arderea direct în seră a unui combustibil cu ajutorul unor instalații de ardere adecvate.

Factorii exteriori care influențează microclimatul serelor sînt : temperatura exterioară, viteza vîntului, radiația solară, umiditatea aerului exterior și precipitațiile solide sau lichide temperatura și viteza aerului exterior influențează microclimatul serelor pe toată perioada de încălzire, respectiv valoarea și variația necesarului de căldură a acestuia. Radiația solară înregistrată în seră, care reprezintă cantitatea de căldură primită de seră de la radiația totală solară, nu are un caracter permanent în cursul perioadei de încălzire: însă, în momentele în care apare, avîndu-se în vedere suprafața vitrată mare, ea poate diminua sau chiar anula necesarul de căldură momentan al serelor, ceea ce conduce la perturbări serioase ale regimului de funcționare a sistemului de alimentare cu căldură. Pentru exemplificare, în figura 3 este prezentată variația zilnică a primilor trei factori principali, pentru cîteva zile din perioadele caracteristice de alimentare cu căldură (fig. 3 *a*), și variația corespunzătoare a necesarului de căldură al serelor (fig. 3 *b*) [6]. Variațiile necesarului de căldură al serelor, prezentate în figura 3 *b*, corespund relației aproximative de calcul:

$$q = 7{,}5\ (t_i - t_e) + 7{,}5\ w - 0{,}8\ i\ [\mathrm{kcal/m^2h}]$$

în care

t_i și t_e reprezintă temperatura interioară, respectiv exterioară a aerului, °C;
w — viteza vîntului, m/s;
i — cantitatea de căldură primită în interiorul serei, prin radiația solară, kcal/h.m^2,

utilizată practic în prezent în proiectare, la dimensionarea instalațiilor interioare de încălzire a serelor.

Această relație, cu toate că pînă acum a condus la valori ale necesarului de căldură verificate practic în funcționare, nu are totuși o fundamentare științifică în care să se țină seama de toate fenomenele complexe de schimb de căldură din interiorul serelor. De aceea se consideră necesar să se determine o relație de calcul fundamentată științific, care să țină seamă de simultaneitatea fenomenelor microclimatului interior al serelor cu fenomenele climatologice exterioare. Numai după stabilirea unei astfel de relații — eventual printr-o abacă — se va putea aborda problema tipului optim de instalație pentru alimentarea cu căldură a serelor, respectiv se vor putea aborda problemele de reglaj al consumului de căldură. Totuși curbele de variație pentru necesarul de căldură al serelor, prezentate în figura 3 *b* pe baza relației simplificate de mai sus, prezintă — cu aproximațiile respective — aspectele calitative privind influența celor trei factori climatologici importanți.

În ceea ce privește influența vitezei vîntului și a radiației solare asupra necesarului de căldură al serelor, din statisticile Institutului Meteorologic [5] rezultă că nu s-au înregistrat simultan temperaturi minime asociate cu viteze mari ale vîntului și nebulozitate ridicată, care ar fi condus la consumuri maxime de căldură. De asemenea, vînturile puternice din cursul anotimpului rece nu au avut loc la temperaturi excesiv de scăzute. În schimb, în anotimpurile de tranziție s-au produs variații brușțe ale consumului de căldură, cînd, după viteze ale vîntului relativ mari, consumul scade brusc o dată cu apariția radiației solare, după cum se poate vedea din figura 3 *b*.

Apare deci necesitatea ca, o dată cu determinarea relației de calcul al necesarului de căldură al serelor, să se studieze probabilitatea simultaneității acestor trei factori principali (temperatură exterioară, viteză de deplasare a aerului exterior și intensitatea radiației solare) pentru toată perioada de alimentare cu căldură a serelor. Aceasta este necesară cu atît mai mult, cu cît, simultan cu apariția radiației solare, apare necesitatea îmbogățirii microclimatului interior cu bioxid de carbon, ceea ce din punct de vedere practic înseamnă aerisirea forțată a serei (deschiderea ferestrelor destinate ventilației naturale), adică o cotă din cantitatea de căldură primită este evacuată din cauze impuse de buna dezvoltare a culturilor.

În ceea ce privește elementele climatologice „accidentale" (precipitațiile sub formă de ploi, zăpadă, viscol, chiciură etc.), acestea pot conduce la fenomene complexe în privința schimbului de căldură între microclimatul interior al serelor și exterior și pot modifica total regimul de livrare a necesarului de căldură cerut de sere. În anumite cazuri, cum ar fi căderile abundente de zăpadă, viscol, chiciură, asociate cu temperaturi exterioare relativ coborîte, schimbul de căldură pe fața exterioară a suprafeței vitrate—plafon—scade în mod considerabil.

În aceste condiții, dacă nu s-ar mări brusc cantitatea de căldură livrată serelor, încît să se asigure în mod suplimentar topirea rapidă a zăpezii sau a chiciurii, s-ar putea ca stratul de depuneri să atingă valori apreciabile, care, prin greutatea lor, ar depăși rezistența mecanică admisibilă a scheletului de rezistență al serei, care ar putea să cedeze, determinînd pagube însemnate.

De aceea, pentru determinarea exactă a necesarului de căldură al serelor, în orice condiții ale microclimatului interior și exterior, trebuie cunoscută exact influența fiecărui factor „accidental" și probabilitatea simultaneității sale cu ceilalți factori, pentru a asigura în orice condiții dezvoltarea optimă a culturilor. În funcție de aceasta se poate dimensiona în mod corespunzător capacitatea termică a instalațiilor de alimentare cu căldură și se poate face față tuturor regimurilor variabile care apar în cursul funcționării.

Făcînd o comparație între aspectele caracteristice pe care le prezintă serele legumicole și consumatorii urbani de căldură, rezultă o serie de elemente identice. Astfel, la ambii consumatori necesarul de căldură maxim este

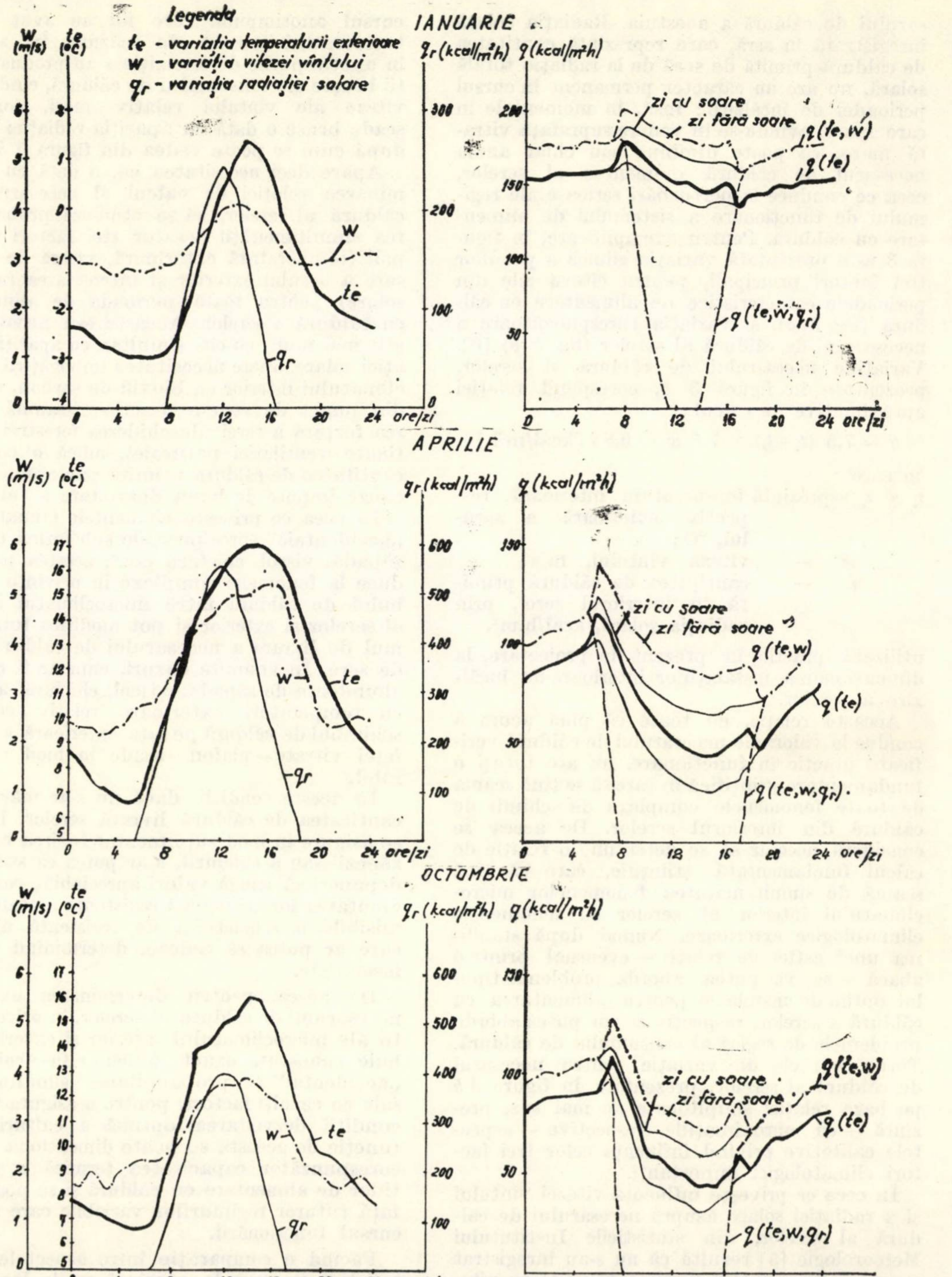


Fig. 3. *a* — Variația diurnă a elementelor climatologice exterioare; *b* — Variația diurnă a necesarului de căldură al serelor, funcție de elementele climatologice exterioare

determinat de temperatura exterioară coborîtă şi de viteza ridicată a vîntului, cu precizarea că în cazul serelor efectul radiaţiei solare este sesizat imediat, datorită inerţiei termice reduse a construcţiilor respective. Aceste diferenţe apar în special în cazul zilelor cu temperaturi exterioare relativ coborîte, cu viteze ale vîntului destul de mari şi cu perioade mai scurte de apariţie a radiaţiei solare, cînd necesarul de căldură urban este foarte puţin influenţat, în timp ce necesarul aferent serelor se poate chiar anula (fig. 3 *b*). De asemenea, în zilele cu temperaturi exterioare mai coborîte decît temperatura exterioară minimă convenţională pentru încălzire, serele cer un consum de căldură sporit în raport cu consumatorii urbani, a căror inerţie termică mai mare poate face faţă acestor temperaturi pentru durate de ordinul orelor.

Un alt aspect este legat de momentul apariţiei necesarului de căldură maxim al celor doi consumatori. Astfel, dacă în cazul consumatorilor urbani necesarul de căldură maxim apare, în general, atunci cînd temperatura exterioară are valoarea minimă convenţională de calcul, iar vitezele vîntului au valori relativ mici (sub 5m/s), în cazul serelor legumicole necesarul maxim de căldură poate apărea atît la temperatura exterioară minimă convenţională şi viteza vîntului nulă, cît şi pentru alte perechi de valori mai ridicate ale temperaturilor exterioare, însă simultane cu valori mai ridicate ale vitezei vîntului.

Pe baza celor prezentate rezultă că, deşi alimentarea cu căldură a serelor legumicole şi a consumatorilor urbani este similară din punctul de vedere al nivelului termic, al agentului termic de transport şi al factorului climatului exterior, apar totuşi elemente specifice în privinţa regimului de alimentare cu căldură impuse surselor de căldură respective de aceşti consumatori, după cum rezultă şi din [7].

Soluţii de alimentare cu căldură a serelor

Pentru alimentarea cu căldură a serelor au fost experimentate mai multe soluţii, după cum rezultă din tabelul 1.

Încălzirea prin convecţie liberă

Alimentarea cu apă 90/70 °C (150/70) sau abur de joasă presiune, prin ţevi amplasate în lungul pereţilor laterali şi sub acoperiş, conduce în general la un microclimat adecvat în interiorul serei. Cînd instalaţia este dimensionată şi executată corect, în lungul serei se menţine o temperatură uniformă, dar apar diferenţe ale distribuţiei temperaturii pe verticală, aceasta fiind mai mare la nivelul plafonului serei faţă de zona de vegetaţie. Această diferenţă atinge cîteva grade, după cum s-a putut constata şi prin măsurătorile făcute la complexul de sere Arad [9].

Un alt dezavantaj al acestui sistem de încălzire îl constituie în special umbrirea serei (a plantelor respective) de către ţevile instalaţiei de încălzire. Datorită acestui efect, plantele de sub ţevi vor avea un proces de dezvoltare mai lent decît restul plantelor din sere, ceea ce va diminua producţia globală. De ase-

Tabelul 1

Soluţii de alimentare cu căldură a serelor

Elemente caracteristice	Soluţii				
	încălzirea electrică a solului	încălzirea prin radiaţie	încălzirea prin convecţie liberă	încălzirea cu convectoare	încălzirea prin ardere directă
Agent termic utilizat	—	fluide cu temperatura cuprinsă între 250 şi 300°C	apă fierbinte	aer cald	—
Avantaje	reglaj simplu	—	soluţie constructivă simplă şi siguranţă mare în exploatare	reglaj suplu cu economii importante de căldură	îmbogăţirea conţinutului de CO_2
Dezavantaje	complicaţii în cazul alimentării cu căldură a suprafeţelor mari de sere	neeconomică în cazul alimentării cu căldură a suprafeţelor mari de sere	consum mare de metal şi inerţie termică mare	complicaţii în cazul alimentării cu căldură a suprafeţelor mari de sere	este limitată la suprafeţe mici de sere; apar depuneri de gudroane pe plante
Observaţii			soluţia este considerată depăşită tehnic, încă în urmă cu 10 ani, în unele ţări din vestul Europei	se aplică din ce în ce mai mult, cu utilizarea aerotermelor cu capacităţi medii de 30.10^3 pînă la 40.10^3 kcal/h [8]	se utilizează instalaţii pentru arderea directă a combustibilului, în incinta serei

menea, inerţia termică relativ mare a instalaţiei de încălzire, în special în cazul celor cu apă fierbinte ca agent termic, precum şi faptul că în general lipsesc sistemele de reglare automată a temperaturii apei, nu permit obţinerea unor importante economii de combustibil la care s-ar putea ajunge prin valorificarea căldurii primite de la radiaţia solară.

Acest sistem de încălzire, sub diverse variante, este utilizat în special în gospodăriile horticole mici şi mijlocii. În cazul complexelor horticole mari, s-a trecut în ultimii ani la amplasarea ţevilor de încălzire în imediata apropiere a solului [10], cum sînt realizate de altfel şi complexele legumicole de la Arad, Brazi, Oradea şi Bucureşti. Aceste ţevi au diametre mici, amplasate în lungul serei, printre rîndurile de plante.

Din punct de vedere biologic şi economic — micşorarea pierderilor de căldură în mediul înconjurător — încălzirea prin ţevi amplasate în apropierea solului este mai avantajoasă, cu toate dificultăţile pe care le prezintă, datorită în special suprafeţelor mari de umbrire a plantelor.

Încălzirea cu ţevi radiante

În prezent se utilizează cu un randament mult mai bun încălzirea prin radiaţie cu ajutorul ţevilor cu tablă deflectoare de aluminiu (fig. 4), procedeu pus la punct de Institutul de tehnică horticolă de la Wageningen — Olanda [11]. Ţevile de oţel sînt amplasate sub acoperiş, de-a lungul serei, după cum rezultă din figura 5.

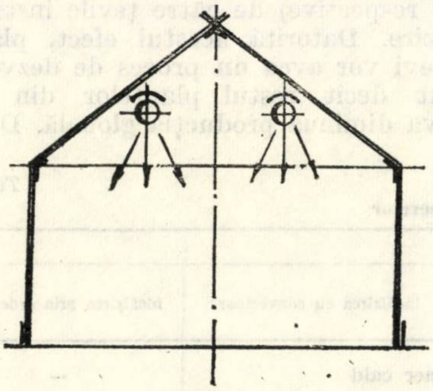


Fig. 4

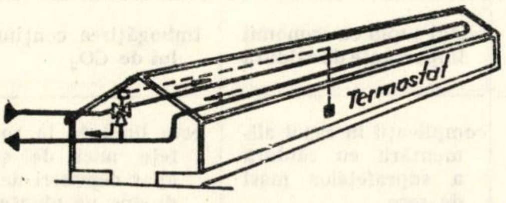


Fig. 5

Deoarece pierderile de căldură în sus sînt foarte importante, fiecare tub este înzestrat cu un deflector metalic (din aluminiu, în general) şi cu izolaţie (fig. 6.).

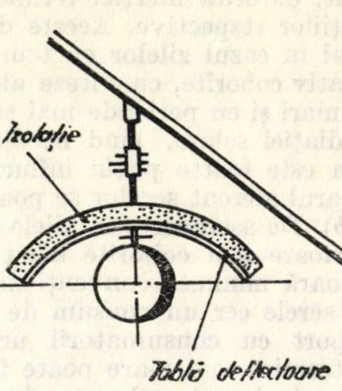


Fig. 6

În ceea ce priveşte diferitele fluide propuse ca agent termic, institutul amintit a folosit „aroclor” cu temperatura de lucru de 250—275°C (avînd temperatura de fierbere de 300°C, iar cea de solidificare de 20°C) şi „dowtherm” cu temperatura de lucru de 320°C la 2 at (la 1 at, temperatura de solidificare este de +15°C). Aroclorul este însă foarte toxic şi, datorită neetanşeităţilor instalaţiei, au fost provocate vătămări ale culturii; în acelaşi timp, în cursul iernii au intervenit dificultăţi la punerea în funcţiune a instalaţiei, precum şi la temperaturi exterioare care ar putea depăşi temperatura respectivă de solidificare.

De aceea, problema mediului de încălzire pentru sere constituie obiectul multor studii, în prezent întîlnindu-se cel mai adesea — şi la noi în ţară — încălzirea cu apă la 90/70°C. Mai rar se foloseşte şi aburul de joasă presiune, care are avantajul unei inerţii termice mici a instalaţiilor.

Încălzirea cu aer cald

Încălzirea cu aer cald a serelor este realizată cu ajutorul unui grup de instalaţii pentru încălzirea şi refularea aerului în interiorul serei, ceea ce permite să se obţină o reglare individuală a temperaturilor, în fiecare seră din cadrul complexului.

Aerul insuflat are în general o temperatură de 45°C şi nu depăşeşte în orice caz temperatura ambiantă cu mai mult de 35 grd. [8]. În acest fel, volumul de aer introdus reprezintă aproximativ de 10 ori mai mult decît volumul serei.

La încălzirea serei cu aer cald, condiţiile termice interioare ale acesteia sînt influenţate în mare măsură de modul în care se realizează instalaţia şi în special de repartiţia raţională a aerului în interiorul serei [12]. De asemenea, aerul nu trebuie să atingă o temperatură prea ridicată și trebuie să fie repartizat uniform în toată sera; în apropierea plantelor mișcarea lui trebuie să fie moderată.

Pentru îndeplinirea acestor condiții există următoarele soluții principale de realizare a instalațiilor respective:

a) Aerul cald parcurge sera în lung, datorită amplasării corespunzătoare a orificiilor de aerisire de pe parcurs, iar în cazul serelor scurte, un orificiu de intrare la un capăt și unul de ieșire la celălalt. Se evită astfel diferențele mari de temperatură în lungul serei, dar apar greutăți mari datorită temperaturii ridicate a aerului.

b) Aerul este introdus cu ajutorul unei aeroterme care-l aspiră din vecinătatea solului și îl refulează, după încălzire, spre partea superioară sub acoperișul serei, prin canale rotunde din tablă galvanizată, cu o viteză relativ mare, de 8–10 m/s. Acest procedeu poate fi ușor realizat din punct de vedere constructiv, iar orificiile de refulare a aerului în lungul canalului colector asigură o distribuție uniformă a straturilor izoterme astfel formate. Reglarea debitului de aer refulat pe fiecare orificiu se face cu ajutorul unei clapete plasate în fața gurii de refulare.

Această distribuție a aerului evită formarea zonelor mai reci din apropierea pereților exteriori și totodată nu permite apariția unor diferențe mari de temperatură pe verticală, datorită faptului că are loc o continuă circulație a lui pe lîngă pereții exteriori, micșorînd în mod considerabil radiația rece a acestora.

Randamentul ridicat al agregatelor folosite (numărul mare de schimburi de aer pe oră, aproximativ zece), precum și raza mare de acțiune a curentului de aer cald au condus la utilizarea pe scară largă a acestui procedeu în Belgia.

c) Aerisirea serei cu ajutorul unei conducte care parcurge sera în lung, ceea ce permite o repartizare uniformă a aerului, cu viteze mici, procedeu foarte avantajos în cazul culturilor de castraveți, care sînt însă foarte sensibili la creșterea vitezei de deplasare a aerului. Procedeul respectiv este greoi, datorită dificultăților legate de amplasarea conductei de-a lungul părții superioare a serei, și în același timp umbrește sera (fig. 7).

d) Aerisirea serei cu ajutorul unei conducte, așezată de-a lungul pereților serei, aerul fiind evacuat în interior prin cîteva puncte cu ajutorul unor ventilatoare [12].

Încălzirea cu aer cald prezintă o serie de dezavantaje importante:

— accesul luminii solare în seră nu este împiedicat; în schimb solul din seră este puțin încălzit, ceea ce conduce la variații mari de temperatură și impune în consecință încălzirea solului cu un alt agent termic;

— inerția termică a instalației este foarte mică, ceea ce conduce la pericolul înghețării serei în momentul întreruperii accidentale a alimentării cu energie electrică a motoarelor de antrenare a ventilatoarelor respective;

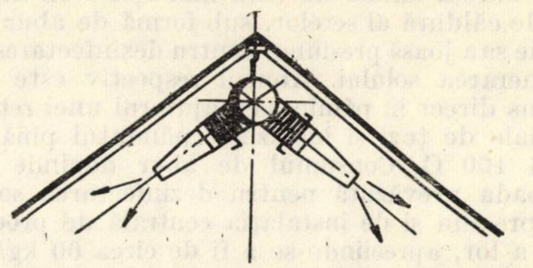


Fig. 7

— în cazul unui aer prea uscat este necesară introducerea unor instalații de umidificare, mai ales în timpul temperaturilor exterioare mai ridicate, ceea ce conduce la creșterea simțitoare a costului instalației.

Principalul avantaj al încălzirii cu aer îl constituie eficiența și elasticitatea în funcționare, lucru foarte important pentru o exploatare rațională a sistemului de încălzire.

În condițiile climatice și energetice ale Franței, comparația economică făcută între încălzirea cu aer și cea cu alți agenți termici (apă fierbinte sau abur de joasă presiune), prezentată în tabelul 2, arată că o dată cu creșterea suprafeței de seră încălzite, prețul pe kcal/h al cantității de căldură livrate scade, devenind mai mic în cazul utilizării apei fierbinți față de utilizarea aerului cald [8].

Tabelul 2

Suprafețe încălzite	Debitul termic instalat	Investiții totale		Investiția specifică		Prețul pe kcal/h	
		Soluția cu aer cald	Soluția cu apă fierbinte	Soluția cu aer cad	Soluția cu apă fierbinte	Soluția cu aer cald	Soluția cu apă fierbinte
m²	Gcal/h	%	%	%	%	%	%
16 000	4	132	100	134	100	133	100
5 000	1,25	46	48	148	154	150	158

Concluziile rezultate din datele tabelului 2 au fost verificate și în condițiile țării noastre, motiv pentru care toate marile ansambluri de sere legumicole realizate pînă în prezent, sau în curs de realizare, utilizează ca agent termic apa fierbinte.

Încălzirea solului

Pe lîngă instalațiile de încălzire a aerului din seră, în ultimul timp a apărut necesitatea încălzirii și a solului, din motive de accelerare a dezvoltării plantelor în anumite perioade. Încălzirea solului serelor se realizează cu țevi speciale, așezate la o adîncime de circa 40 cm, astfel încît agentul termic din interiorul lor să asigure o temperatură a pămîntului de circa

20°C. Aceste ţevi din oţel sînt legate la reţeaua comună de încălzire centrală a serei.

În cursul lunilor de vară mai apare un necesar de căldură al serelor, sub formă de abur de medie sau joasă presiune, pentru dezinfectarea—regenerarea solului. Aburul respectiv este introdus direct în pămînt, cu ajutorul unei reţele speciale de ţevi şi încălzeşte pămîntul pînă la circa 100 °C. Consumul de abur depinde de perioada prevăzută pentru dezinfectarea solului, precum şi de instalaţia centrală de producere a lor, apreciindu-se a fi de circa 60 kg/m^2 [2]. Avîndu-se în vedere perioada scurtă de consum a acestui abur — circa 30 zile a cîte 16 ore pe zi — şi consumul mic de căldură, rezultă că necesitatea utilizării aburului pentru dezinfectarea solului nu poate influenţa alegerea mediului pentru încălzire, care trebuie determinat pe baza condiţiilor tehnico-economice concrete pentru fiecare caz în parte.

Reglarea cantităţii de căldură

În ceea ce priveşte sursa de căldură care să asigure agentul termic necesar serelor pentru încălzire şi pentru perioadele de dezinfectare a solului, aceasta poate fi o instalaţie centrală de cazane de apă fierbinte sau abur de joasă presiune, amplasată în incinta complexului de sere, sau o centrală de termoficare. Problema care se pune este reglarea cantităţii de căldură livrată de aceste surse, ţinînd seamă de condiţiile impuse de sere, mai ales în cazul centralelor de termoficare de la care, în general, sînt alimentaţi cu căldură şi consumatorii urbani.

În prezent în ţara noastră complexele de sere sînt alimentate cu căldură din CET, simultan cu consumatorii urbani, cum este cazul complexelor de sere de la Arad, Brazi, Bucureşti, Oradea şi Craiova.

Reglarea cantităţii de căldură necesară încălzirii acestor sere se realizează în două trepte : prima treaptă printr-un reglaj grosier efectuat în CET, iar a doua printr-un reglaj fin efectuat local.

Aspectele economice ale încălzirii serelor

Avîndu-se în vedere ponderea cheltuielilor aferente încălzirii serelor, rezultă că orice economie de căldură are o importanţă deosebită asupra preţului de cost al produselor. Economiile s-ar putea realiza prin utilizarea unor instalaţii mai ieftine, ca, de exemplu, cele cu apă fierbinte sau abur de joasă presiune, printr-o adaptare mai bună a instalaţiei la necesităţile culturilor respective sau prin creşterea parametrilor mediului de încălzire. În acelaşi timp, avîndu-se în vedere caracterul tehnologic al necesarului de căldură al serelor, trebuie luate în considerare şi aspectele privind siguranţa în exploatare, elasticitatea şi adaptarea la regimurile variabile de funcţionare a instalaţiei de alimentare cu căldură. Aceste condiţii trebuie să le îndeplinească atît instalaţiile interioare de încălzire din sere, cît şi instalaţiile de distribuţie şi producere centralizată a căldurii.

Astfel, în cazul încălzirii cu apă fierbinte, se impune utilizarea apei cu parametri ridicaţi (130—150 °C), produsă în CT sau CET, care să permită variaţiile rapide şi de mare amplitudine ale sarcinii, cu un reglaj automat corespunzător.

O importantă posibilitate de reducere a costului încălzirii o constituie utilizarea surselor ieftine, ca, de exemplu, căldura conţinută de resursele energetice secundare ale diferitelor industrii. În aceste cazuri, cheltuielile aferente încălzirii serelor s-ar putea reduce numai la cele necesare captării şi transportului acestor cantităţi de căldură la seră. Rentabilitatea utilizării acestor cantităţi de căldură depinde, bineînţeles, de potenţialul lor termic şi de gradul de impurităţi pe care le conţine agentul termic de transport. Un exemplu de utilizare a energiei reziduale pentru încălzirea serelor este folosirea căldurii apei de răcire de la turbine, după un procedeu elaborat de ing. St. Hamerlak de la Catedra de încălziri şi ventilaţii de la Politehnica din Slask [13]. Valorificarea acestor cantităţi de căldură, cu temperaturi de 30—40°C, pentru încălzirea serelor, constă în stropirea suprafeţei acoperişului şi a pereţilor serei cu această apă, creîndu-se astfel o peliculă de apă caldă care izolează sera de mediul ambiant. În Uniunea Sovietică funcţionează astfel de sere în condiţii climatice mult mai aspre. Se apreciază că pentru fiecare MW de putere a turbinei, utilizîndu-se apa de răcire se pot încălzi circa 650 m^2 de suprafaţă de seră, ceea ce înseamnă că un grup de 100 MW ar putea alimenta cu căldură un complex de 6,5 hectare.

La utilizarea resurselor energetice secundare de la diferite întreprinderi industriale, pentru alimentarea cu căldură a serelor, cum este cazul întreprinderilor metalurgice, al cocseriilor şi al unor centrale termoelectrice, apar probleme tehnice suplimentare legate de gradul mare de impurificare cu fum a atmosferei înconjurătoare, ceea ce conduce la micşorarea transparenţei aerului cu 15—90%. În aceste condiţii trebuie luate o serie de măsuri suplimentare, cum ar fi curăţirea frecventă a geamurilor, iluminarea artificială a plantelor, tratarea corespunzătoare cu îngrăşăminte a pămîntului în vederea anihilării efectului SO_2 sau al altor elemente chimice asemănătoare, controlul continuu al concentraţiei de SO_2, epurarea specială a aerului din seră, ceea ce ar necesita cheltuieli suplimentare şi ar diminua avantajele obţinute prin valorificarea căldurii reziduale.

Rezultă că, acolo unde este posibil, alimentarea centralizată cu căldură sub formă de apă fierbinte dintr-o CET este soluţia optimă din punct de vedere tehnico-economic. Desigur, soluţia optimă de alimentare cu căldură a complexelor de sere legumicole trebuie determinată pentru fiecare caz în parte, avîndu-se în vedere condiţiile locale. Trebuie ţinut seama în special de mărimea consumului de căldură aferent serelor, de distanţa de transport şi de natura şi mărimea consumurilor de căldură pe care centrala le mai are de acoperit, adică de ponderea acestora — în special a consumurilor urbane — în raport cu consumul serelor.

Concluzii

Serele reprezintă importanţi consumatori de căldură atît în ceea ce priveşte mărimea consumului de căldură, cît şi regimurile de livrare impuse. În timp ce, din punctul de vedere al scopului alimentării cu căldură, serele constituie nişte consumatori tehnologici, din punctul de vedere al factorilor climatologici exteriori care le influenţează şi al nivelului termic impus agenţilor termici, ele sînt mai apropiate de consumatorii urbani.

Serele se caracterizează printr-o inerţie termică redusă datorită suprafeţelor vitrate mari, ceea ce în funcţionare conduce la variaţii diurne ale necesarului de căldură cu amplitudini mult mai mari decît în cazul consumatorilor urbani, în intervale de timp mult mai scurte, impunînd condiţii speciale de reglare şi adaptare la aceste regimuri a instalaţiilor respective de alimentare cu căldură. Din aceleaşi motive, necesarul maxim de căldură poate apărea în condiţii climaterice diferite, în funcţie de simultaneitatea factorilor climaterici exteriori.

Alimentarea cu căldură a complexelor de sere legumicole trebuie să ţină seamă de condiţiile impuse de microclimatul interior, variabil, în funcţie de tipul şi gradul de dezvoltare a culturii, cu factori climatici exteriori. Dintre aceştia din urmă, în afară de temperatura exterioară şi viteza vîntului, care au o influenţă primordială, spre deosebire de consumatorii urbani, o influenţă deosebită o mai au radiaţia solară şi precipitaţiile atmosferice sub formă de ploi, zăpadă, viscole sau chiciură.

Soluţii de alimentare cu căldură larg utilizate sînt acelea care folosesc ca agenţi termici apa fierbinte sau aerul cald. Din compararea tehnico-economică a celor două soluţii rezultă că utilizarea aerului cald este eficientă în cazul suprafeţelor mici de sere, iar pentru suprafeţele mai mari apare în mod evident oportunitatea apei fierbinţi [8]. Eficienţa aplicării acestei ultime soluţii depinde în mare măsură de soluţiile constructive de realizare a instalaţiilor interioare de încălzire, de soluţia adoptată pentru alimentarea centralizată cu căldură din instalaţii de cazane proprii, din centrale de termoficare sau prin utilizarea potenţialului termic al resurselor energetice secundare industriale, cît şi de condiţiile locale de efectuare a calculelor economice comparative.

În final se impune determinarea unei relaţii de calcul al necesarului de căldură al serelor, care să ţină seamă de toţi factorii impuşi de microclimatul interior, simultan cu factorii climatici exteriori. Aceasta este necesară la proiectarea instalaţiilor interioare de încălzire a serelor, la proiectarea surselor de alimentare centralizată cu căldură (pentru dimensionarea capacităţii termice a instalaţiilor), precum şi la realizarea reglajului livrării căldurii din CET corespunzător cu exigenţele impuse de aceşti consumatori, pentru obţinerea de economii pe ansamblul sursă-consumator.

Bibliografie

[1] Smith, E. R. *Încălzirea şi ventilarea serelor.* The Institution of Heating and Ventilating Engineers, iulie 1963, p. 125—138.

[2] Mierrzwinski, St. *Problemele încălzirii serelor.* Gaz, Woda i Technika Sanitaran, XXXV, nr. 3, 1961.

[3] * * * Institutul de studii şi proiectări agricole.

[4] Mierrzwinski, St. *Ogrzewanie powietrzne szklarni.* PAN, 1958.

[5] * * * *Institutul meteorologic — Clima R. S. România,* 1965.

[6] Voinea, M., David, N. şi Athanasovici, V. *Quelques aspects de l'aprovisionnement en chaleur des grands ensembles de serres pour légumes.* Symposion sur les problèmes posés par l'aprovisionnement en chaleur et en énergie électrique des grands ensembles industriels. Commission Economique pour l'Europe, Comité de l'énergie électrique, Bucureşti, A. 6, 20—22 mai 1968.

[7] Oancea, L. *Unele aspecte ale alimentării cu căldură prin termoficarea marilor complexe de sere legumicole.* Energetica, nr. 8, 1971.

[8] Kochmanski, A. şi Simon, J. J. *Noile soluţii pentru încălzirea serelor.* Chauffage, Ventilation, Conditionnement, *43*, nr. 9, 1967, p. 45—49.

[9] * * * *Studiul regimurilor hidraulice şi termice ale sistemelor de alimentare cu căldură prin termoficare a consumatorilor urbani şi serelor legumicole* ISPE, iunie 1968.

[10] Hore, E. R. *Gewächshäuser und Heizungen.* Gartenwelt, 1956.

[11] Muizenberg, E. W. . v. d. *Die Strahlungs-Heizung in Gewächshäusern.* Gartenwelt, 1956.

[12] Mierzwinski, St. *Ogrzewanie powietrzne szklarni.* PAN. 1958.

[13] Hamerlak, St. *Koncepja metody ogrzewania przezpolewanie cieplarni agrodniczych.* Biuletyn PAN, nr. 18, 1958.

(Articol intrat în redacţie la 12 aprilie 1971)

Consumul specific în condensație al turbinelor de termoficare

Ing. Vl. Nicu*)

În exploatarea turbinelor de termoficare cu condensație și prize reglabile, consumul specific în condensație suferă variații datorită următorilor parametri de bază: sarcina electrică (P), căldura prelevată la priza industrială (Q_i) și căldura prelevată la priza de încălzire (Q_T). Totuși, pentru personalul de exploatare sînt insuficient cunoscute variațiile consumului specific în condensație, datorită prelevărilor orare la prizele reglabile ale turbinelor. Aceste variații pot fi evidențiate punînd condiția simplificatoare că sarcina electrică (P_0) și temperatura apei de răcire (t_{no}) sînt tot timpul constante și egale cu valoarea lor nominală, deși cantitățile de căldură prelevate la prizele reglabile variază în limite determinate.

Din caracteristica de consum a turbinei, pusă sub două aspecte distincte,

$$P_0(q_{CE} - \alpha_T \Delta q_E) = Q_t - Q_i - Q_T \qquad (1)$$

se obține expresia consumului specific în condensație:

$$q_{CE} = \frac{q_{Em} - \alpha_T q_{ET}}{1 - \alpha_T} \qquad (2)$$

în care, în afară de parametrii definiți în (1) și (2), mai figurează:

q_{Em} — consumul specific mediu al turbinei;

q_{CE} — consumul specific în condensație;

α_T — gradul de termoficare (raportul între puterea produsă în termoficare și puterea totală);

q_{ET} — consumul specific în termoficare (practic constant cu sarcina);

$\Delta q_E = q_{CE} - q_{ET}$ — diferența între consumurile specifice;

Q_t — consumul orar de căldură al întregului ciclu termic.

Avînd în vedere că se urmărește stabilirea dependenței variației consumului specific în condensație de prelevările la prizele reglabile ale turbinei, exprimate sub formă de debite, relația (2) poate fi exprimată astfel:

$$q_{CE} = \frac{q_{Em} - \dfrac{(H_i D_i + H_T D_T)\,\eta}{860 \cdot P_0} q_{ET}}{1 - \dfrac{(H_i D_i + H_T D_T)\eta}{860 \cdot P_0}} \qquad (3)$$

$$\alpha_T = \frac{(H_i D_i + H_T D_T)\,\eta}{860 \cdot P_0}$$

în care

H_i este destinderea utilă din turbine datorită prelevării la priza industrială;

D_i —debitul de abur prelevat la priza industrială (debitul livrat consumatorilor termici);

H_T —destinderea utilă din turbine, aferentă prelevării la priza de încălzire a apei din rețeaua de termoficare;

D_T —debitul de abur prelevat la priza de încălzire;

$\eta = \eta_m \eta_g$ —produsul dintre randamentul mecanic al turbinei și randamentul generatorului.

Considerînd η, H_i și H_T practic constante, (3) devine o funcție de trei variabile:

$$q_{CE} = f(q_{Em}, D_i, D_T).$$

Sensul de variație a lui q_{CE} se stabilește cunoscînd semnul derivatei întîi în raport cu D_i sau D_T a funcției respective. Astfel, derivînd funcțiile

$$q^i_{CE} = q_{CE}\big|_{DT=0}$$

$$q^T_{CE} = q_{CE}\big|_{Ti=0},$$

care exprimă cazurile-limită de variații ale consumului specific în condensație, se obțin expresiile:

$$\begin{aligned} \frac{\partial q^i_{CE}}{\partial D_i} &= \left[\lambda_i \left(\frac{\partial q_{Em}}{\partial D_i} - \frac{H_i \cdot \eta \cdot q_{ET}}{860 \cdot P_0} \right) + \right. \\ &\left. + \frac{H_i \eta}{860 \cdot P_0} \left(q^i_{Em} - \frac{H_i \cdot \eta \cdot D_i}{860 \cdot P_0} q_{ET} \right) \right] \frac{1}{\lambda_i^2} > 0, \\ \frac{\partial q^T_{CE}}{\partial D_T} &= \left[\lambda_T \left(\frac{\partial q_{Em}}{\partial D_T} - \frac{H_T \cdot \eta \cdot q_{ET}}{860 \cdot P_0} \right) + \right. \\ &\left. + \frac{H_T \cdot \eta}{860 \cdot P_0} \left(q^T_{Em} - \frac{H_T \cdot \eta \cdot D_T}{860 \cdot P_0} q_{ET} \right) \right] \frac{1}{\lambda_T^2} > 0 \end{aligned} \qquad (4)$$

în care

$$\lambda_i = 1 - \frac{H_i \cdot \eta \cdot D_i}{860 \cdot P_0}\ ; \quad \lambda_T = 1 - \frac{H_T \cdot \eta \cdot D_T}{860 \cdot P_0}$$

Se verifică numeric că derivatele (4) sînt tot timpul pozitive, ceea ce arată faptul că creșterea prelevărilor la prizele reglabile determină creșterea consumului specific în condensație. Următoarele date numerice:

$D_i = 50$ t/n

$\Delta D_i = 50$ t/h

$P_0 = 50$ MW

$\lambda_i = 1 - 0{,}146 = 0{,}854$

$H_i \cdot \eta = 126$ kcal/kg

$q_{ET} = 875$ kcal/kWh

$q^i_{Em} = 2310$ kcal/kWh

$q^0_{CE} = 2380$ kcal/kWh

---

*) Ing. Vladimir Nicu este șeful Serviciului de concepție al IEC Ploiești.

$P = P_0$ [MW]	50				
q_{ET} [kcal/kWh]	$\frac{860}{\eta_m \eta_g} = 875$				
D_i [t/h]	0	50	100	150	230
D_T [t/h]	0	50	100	150	
Q_t^i [Gcal/h]	119	115,3	102,7	95,5	81,5
Q_t^T [Gcal/h]	119	106,2	91,5	78,5	
$\alpha_T^i = \frac{H_i \cdot \eta \cdot D_i}{860 \cdot P_0}$	0	0,1465	0,283	0,44	0,673
$\alpha_T^T = \frac{H_T \cdot \eta \cdot D_T}{860 \cdot P_0}$	0	0,226	0,452	0,677	
$q_{Em}^i = (q_{Em})_{D_i=0}$ [kcal/kWh]	2380	2310	2050	1910	1630
$q_{Em}^T = (q_{Em})_{D_T=0}$ [kcal/kWh]	2380	2122	1830	1570	
q_{CE}^i [kcal/kWh]	2380	(2560)	2510	2725	3182
q_{CE}^T [kcal/kWh]	2380	2485	2625	3030	

introduse în (4) furnizează următorul rezultat pentru derivata consumului specific în condensație în raport cu debitul prelevat la priza industrială :

$$\frac{\partial q_{CE}^i}{\partial D_i} \approx \left[0{,}854\left(\frac{2310 - 2380}{50 \cdot 10^3} - \frac{126.875}{860 \cdot 50 \cdot 10^3}\right) + \right.$$

$$+ \frac{126}{860 \cdot 50 \cdot 10^3}\left(2310 - \right.$$

$$\left.\left. - \frac{126 \cdot 50 \cdot 10^3 \cdot 875}{860 \cdot 50 \cdot 10^3}\right)\right] \frac{1}{(0{,}854)^2} =$$

$$= + 0{,}00358 \text{ kcal/kW.kg}$$

Evident, la $D_i = D_T$,

$$\frac{\partial q_{CE}^i}{\partial D_i} < \frac{\partial q_{CE}^T}{\partial D_T}$$

Exemplu de variație a consumului specific în condensație la sarcina de 50 MW a turbinei VPT – 50 – 3

Pentru a ilustra, conform condiției puse anterior, variațiile consumului specific în condensație, în cele ce urmează se dă un tabel pe baza căruia s-au trasat curbele

$$q_{CE}^i = \varphi\,(D_i)$$

$$q_{CE}^T = \psi\,(D_T)$$

Consumurile orare de căldură Q_t^i și Q_t^T s-au dedus cu ajutorul diagramei regimurilor, aplicînd relația (1).

Se remarcă, la o sarcină electrică dată, creșterea considerabilă a consumului specific în condensație în cazul prelevării de abur la una din prizele reglabile ale turbinei. Luînd în considerare alte sarcini electrice (P_{01}, P_{02}, ... etc.), se obțin tot atîtea curbe limită ($q_{CE_1}^i$, $q_{CE_2}^i$, ... , $q_{CE_1}^T$, $q_{CE_2}^T$ etc.) ale consumului specific în condensație. Între aceste curbe se găsesc toate cazurile intermediare de variație ale consumului specific în condensație, valorile corespunzînd prelevărilor simultane la prizele reglabile ale turbinei.

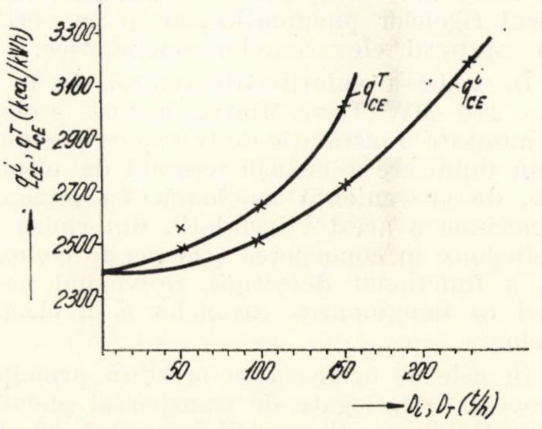


Fig. 1. Variația consumului specific în condensație la sarcina de 50 MW în cazul prelevării (de abur) nesimultane la prizele reglabile ale turbinei VPT – 50 – 3.

Concluzii

Cunoașterea variației consumului specific în condensație la turbinele de termoficare are implicații importante în domeniul normării consumului specific și în ceea ce privește stabilirea corectă a indicilor de proiect pentru centralele noi.

Este o greșeală a se considera constant, la o sarcină electrică dată, consumul specific în condensație, deși prin prizele reglabile ale turbinei se livrează debite și cantități de căldură variabile.

(Articol intrat în redacție la 3 mai 1971)

Modificarea schemei de evacuare pneumatică a cenușii de la Centrala termoelectrică Deva — Mintia

Ing. Fl. Bereș*)

Printre mijloacele de transport intern ale întreprinderilor industriale, sistemul de transport pneumatic ocupă, în ultima vreme, un loc din ce în ce mai important. În sistemele de mecanizare complexă, în special în manipularea materialelor pulverulente, transportul pneumatic ocupă primul loc.

Spațiul redus ocupat de instalațiile de transport pneumatic, posibilitatea de încărcare în mai multe puncte, prin comandă centrală, eliminarea împrăștierii prafului, exploatarea foarte simplă, cu supraveghere minimă și, în sfîrșit, investiția specifică foarte mică pe tona de produs transportat fac ca instalațiile pneumatice să devină în foarte multe cazuri mai avantajoase, în comparație cu alte sisteme de transport.

Un loc important în transportul pneumatic îl ocupă transportul materialelor pulverulente în stare fluidizată, atît pe orizontală, cu ajutorul rigolelor pneumatice, cît și pe verticală, cu ajutorul elevatoarelor pneumatice.

În vederea valorificării cenușii de la CTE 4 × 210 MW Deva-Mintia, a fost proiectată și montată o instalație de transport pneumatică prin fluidizare a cenușii reținută de electrofiltre, de proveniență maghiară. La punerea în funcțiune a acestei instalații, din cauza unor deficiențe în conceperea schemei de conexiuni, ea a funcționat defectuos, provocînd neajunsuri în funcționarea cazanelor și a electrofiltrelor.

În cele ce urmează se prezintă principalele procese fizice legate de transportul pneumatic prin fluidizare al cenușii împreună cu avantajele sale, descrierea instalației de evacuare pneumatică a cenușii, proiectată inițial pentru CTE 4 × 210 MW Deva-Mintia, precum și contribuția autorului la modificarea schemei de conexiuni, pentru aducerea instalației în stare de funcționare normală.

Procese fizice în transportul cenușii prin fluidizare

Materialele formate din pulberi foarte fine, cu o granulație cuprinsă între 5 și 200 μ, pot fi aduse într-o stare de curgere asemănătoare cu a unui lichid. Acest fenomen, numit „fluidizare", se obține cu mijloace tehnice relativ simple.

Transportul materialului fluidizat pe verticală

În figura 1 se arată cum are loc fenomenul de fluidizare. Materialul pulverulent uscat, turnat în vasul *1* prin gura de umplere *2*, se așază inițial în formă de con, la unghiul de taluz natural. La pătrunderea aerului sub presiune în vas, prin ștuțul *4*, trecînd prin placa poroasă *5*, care are rolul de a difuza în mod uniform aerul în masa de material, se observă o mișcare a suprafeței materialului și, în continuare, aceasta devine plană, la fel ca la un lichid. Mărind treptat debitul de aer, cu ajutorul ventilului *3*, se observă că nivelul materialului din vas crește, ca urmare a afînării materialului, iar la închiderea etanșă a gurii de alimentare *2*, se observă că materialul pulverulent *6* urcă pe conducta verticală *7* și curge afară.

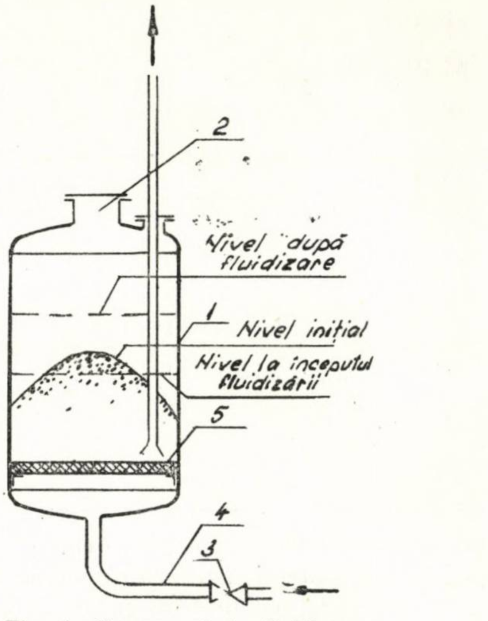


Fig. 1. Fenomenul de fluidizare:
1 – vas de sticlă; *2* – gură de umplere; *3* – ventil; *4* – ștuț; *5* – placă poroasă.

Materialul pulverulent este fluidizat de aerul care trece prin placa poroasă *5*, iar aerul adunat la partea superioară a vasului *1* produce suprapresiunea necesară pentru împingerea stratului fluidizat prin conducta *7*.

Soluția constructivă pentru instalațiile industriale de transportat material fluidizat pe verticală, funcționînd pe principiul enunțat mai sus și denumite în mod curent „elevatoare pneumatice", este reprezentată în figura 2.

Din datele de exploatare a unor instalații industriale, se constată că, la transportul pe verticală al materialelor fluidizate, se consumă de 10 pînă la 20 ori mai puțin aer pe tona de material transportat decît la sistemele de transport pneumatic fără fluidizare [1]. Aceasta duce la o reducere corespunzătoare a consumului de energie electrică, la reducerea greutății conductelor de transport şi a costului transportului [1] de circa zece ori.

---

*) Ing. Florea Bereș este director tehnic la IEC Deva.

Transportul materialelor fluidizate se poate face şi prin conducte înclinate, însă numai la unghiuri apropiate de verticală (maximum 30°C).

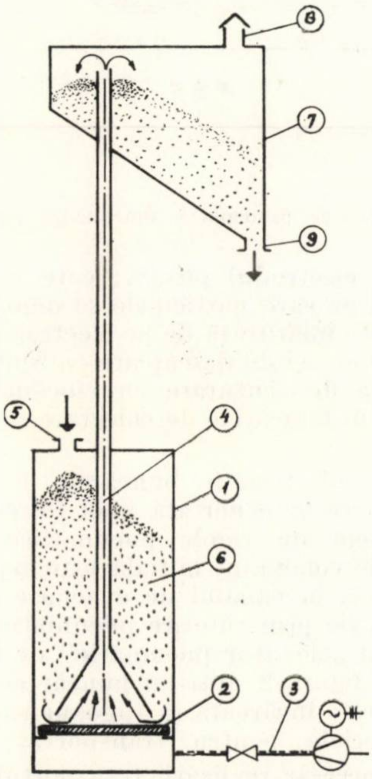


Fig. 2. Elevator pneumatic:

1 – rezervor; *2* – placă de difuziune; *3* – insuflare aer; *4* – evacuare cenuşă; *5* – intrare cenuşă; *6* – cenuşă; *7* – rezervor de expandare; *8* – evacuare aer; *9* – evacuare cenuşă.

Transportul materialului fluidizat pe orizontală, prin rigolă pneumatică

Materialele pulverulente, aduse în stare de fluidizare, pot fi transportate şi pe un plan înclinat cu un unghi de 2–10° faţă de orizontală.

În figura 3 este reprezentată schema unei rigole pneumatice care foloseşte fenomenul de curgere pe pantă a materialului fluidizat. Din pîlnia de alimentare *1*, materialul, în formă de pulbere, cade pe placa poroasă *2*; aerul, introdus în spaţiul dintre placa poroasă *2* şi rigola metalică *3*, trece prin placa poroasă şi se difuzează în masa de material, care capătă astfel proprietatea de a curge pe pantă. Aerul care trece prin masa de material este evacuat prin pînza de filtru *4*, care se găseşte pe capacul rigolei pneumatice.

Plăcile poroase formează o pantă descendentă de 2–4% în sensul curgerii materialului. Rigolele pneumatice pot fi folosite numai pentru transportul materialelor măcinate fin şi uscate. Distanţa de transport poate depăşi 100 m, iar debitul poate atinge 120 t/h [1].

În figura 4 este arătată construcţia unui element de rigolă pneumatică. Obişnuit, elementele se fac de 2 000 mm lungime. Partea inferioară *1*, în formă de jgheab, ca şi partea superioară *2* sînt făcute din tablă de oţel de 3–4 mm grosime. Partea superioară *2* are capace de vizitare *3* prinse cu buloane. Între capacele *3* şi ramele *4*, se pun garniturile *5*, care pot fi din cauciuc sau pîslă. Partea inferioară are şi ea capace de vizitare, care sînt utilizate pentru evacuarea materialului căzut în cazul spargerii unei plăci.

Încărcarea rigolei pneumatice se poate face prin orice punct pe întreaga lungime, sau prin mai multe puncte simultane, cu condiţia ca debitul însumat al punctelor de încărcare să nu depăşească debitul pentru care este construită instalaţia.

Descărcarea rigolei se poate face atît la capătul inferior, cît şi în orice alt punct de pe traseu. În ultimul caz, se fac derivaţii în formă de T, prevăzute cu închizătoare, care fie că închid complet derivaţia, fie că permit numai unei părţi din material să fie descărcat.

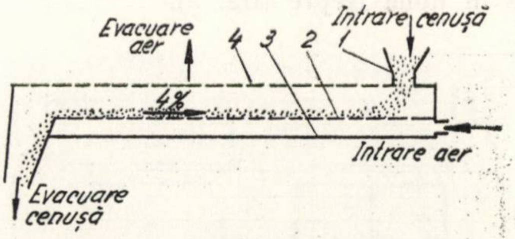


Fig. 3. Rigolă pneumatică:

1 – pîlnie de alimentare; *2* – placă poroasă; *3* – rigolă metalică; *4* – pînză de filtru.

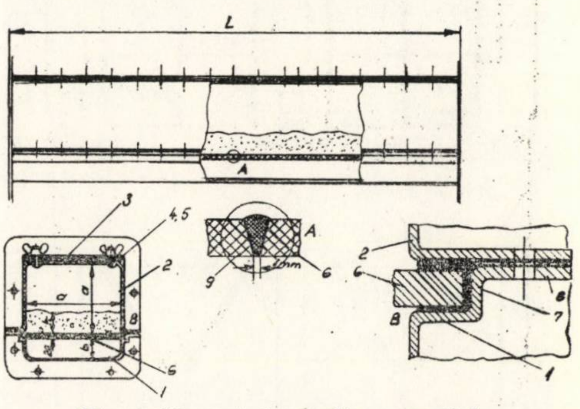


Fig. 4. Element de rigolă pneumatică:

1 – partea inferioară a rigolei; *2* – partea superioară a rigolei; *3* – capac de vizitare; *4* – ramă; *5* – garnitură de pîslă sau cauciuc; *6* – placă poroasă; *7* – chit; *8* – placă de stringere; *9* – chit.

Experienţa a arătat că umiditatea aerului provoacă înfundarea porilor plăcilor de difuziune. Din această cauză aerul insuflat trebuie să fie încălzit sau deshidratat.

Instalaţia de evacuare pneumatică a cenuşii de la CTE Deva-Mintia

Avînd în vedere tendinţa actuală de utilizare din ce în ce mai largă a cenuşii provenite din arderea cărbunilor în focarele cazanelor, în diverse scopuri industriale, pentru valorificarea cenuşii de la CTE 4×210 MW Deva-Mintia a fost prevăzută o instalaţie de transport pneumatic prin fluidizare a cenuşii reţinute de electrofiltre, de provenienţă maghiară.

Descrierea schemei de conexiuni iniţiale

Centrala termoelectrică Deva-Mintia este echipată cu patru grupuri de condensaţie de cîte 210 MW fiecare şi patru cazane de abur cu trecere forţată de cîte 660 t/h, în două corpuri, la 140 ata şi 550/550°C, avînd drept combustibil de bază huila energetică şi mixte de huilă din bazinul carbonifer Valea-Jiului.

Pentru reţinerea cenuşii din gazele arse, fiecare bloc de 210 MW este prevăzut cu două instalaţii de electrofiltre orizontale, respectiv cîte unul pe fiecare corp de cazan, de fabricaţie VEB Kombinat Luft-U. Kälttechnik—Leipzig, funcţionînd cu înaltă tensiune la 1 000 mA şi 70 kV, cu reţinerea cenuşii din gazele arse în două trepte (fig. 5).

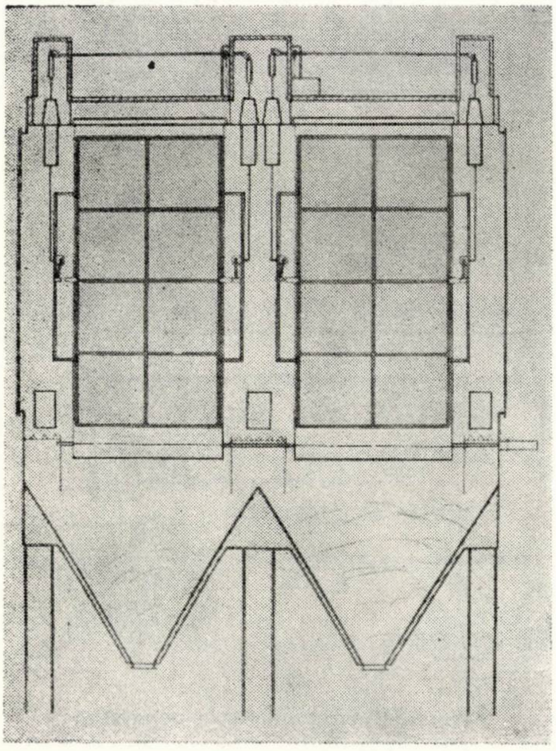


Fig. 5. Electrofiltru, secţiune.

Gazele arse, încărcate cu praf, străbat electrofiltrul în direcţie orizontală. Prin ionizarea gazului, particulele de cenuşă aflate în suspensie în gaz sînt încărcate cu sarcini electrice. Cîmpul de forţă care se găseşte între electrozii de descărcare, alimentaţi cu tensiune negativă, şi electrozii de depunere, alimentaţi cu tensiune pozitivă, deplasează particulele încărcate spre electrodul pozitiv, care este pus la pămînt şi pe care particulele se depun (fig. 6). Cenuşa este înlăturată de pe electrozii de depunere şi de pe cei de descărcare cu ajutorul unor dispozitive de scuturare cu ciocănele şi este evacuată în buncărele de colectare de sub electrofiltru.

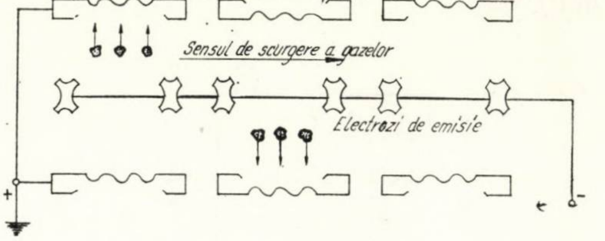


Fig. 6. Schema de principiu a funcţionării electrofiltrului.

Cenuşa colectată în buncărele de sub electrofiltru este transportată apoi fie cu ajutorul unui sistem de rigole pneumatice, a cărui schemă de conexiuni iniţială este reprezentată în figura 7, la canalul de evacuare hidraulică a cenuşii, fie prin ridicare pneumatică, cu ajutorul unui „elevator pneumatic" de tipul celui arătat în figura 2, într-un buncăr colector, iar de acolo este încărcată în vagoane sau în camioane speciale pentru transportat cimentul.

Aerul necesar realizării transportului pe orizontală al cenuşii este introdus în rigolele pneumatice de trei ventilatoare centrifugale, dintre care două în funcţiune şi unul în rezervă, avînd următoarele caracteristici: $Q = 2\,000$ m^3/h; $p = 350$ mm col. apă; $n = 2\,880$ rot/min; $P = 4{,}5$ kW.

Fiecărui cazan de 640 t/h debit de abur îi aparţine o unitate independentă de evacuare pneumatică a cenuşii, dimensionată pentru un debit de 40 t/h, care este descrisă mai amănunţit în cele ce urmează.

Cenuşa colectată în buncărele de sub electrofiltre cade în rigolele pneumatice secundare (fig. 7) prin dozatoare automate (clapete pendulare) tip Cariolis (fig. 8), de unde este transportată pe principiul descris, prin fluidizare, la o rigolă principală. La capătul rigolei principale cenuşa este descărcată în vasul de amestec al unui ejector cu apă, din care aceasta este spălată în canalul de evacuare hidraulică. Aerul insuflat, care trece prin placa poroasă şi se difuzează în masa de material care asigură curgerea cenuşii, este evacuat la capătul rigolei principale în canalul de gaze. Pentru a se asigura curgerea materialului (fluidizarea), rigolele sînt înclinate cu 4° în sensul curgerii cenuşii.

Caracteristicile tehnice ale instalației de evacuare pneumatică a cenușii sînt următoarele :

a) debitul de cenușă pentru un bloc de 210 MW : max. 40 t/h ;

b) consumul de apă pentru un bloc de 210 MW : 360 m^3/h ;

c) consumul specific de apă pe tona de cenușă transportată la un bloc de 210 MW : 9 m^3/t cenușă ;

d) consumul de aer pentru un bloc de 210 MW :

— la presiunea de 350 mm col. apă : 4 000 m^3/h :

— la presiunea de 3 000 mm col. apă : 700 m^3/h :

e) consumul specific de aer pe tona de cenușă transportată :

— la presiunea de 350 mm col. apă : 100m^3/t cenușă ;

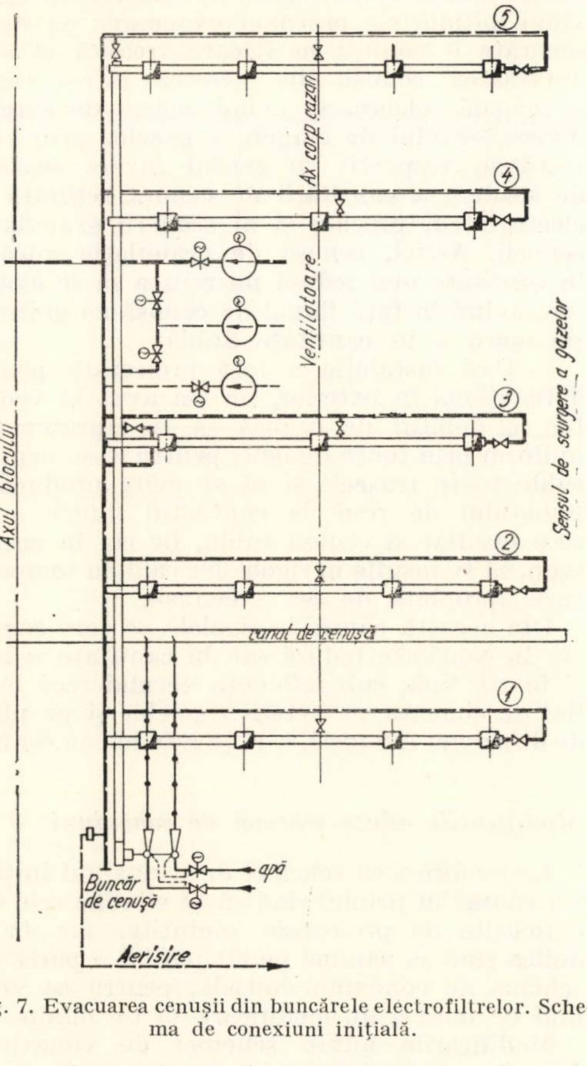


Fig. 7. Evacuarea cenușii din buncărele electrofiltrelor. Schema de conexiuni inițială.

— la presiunea de 3 000 mm col. apă : 17,5 m^3/t cenușă :

f) puterea electrică necesară :

— pentru transportul pe orizontală 20 kW/pe bloc ;

— pentru transportul pe verticală (numai la blocul 3) 30 kW/pe bloc ;

g) consumul specific de energie electrică pe tona de cenușă transportată :

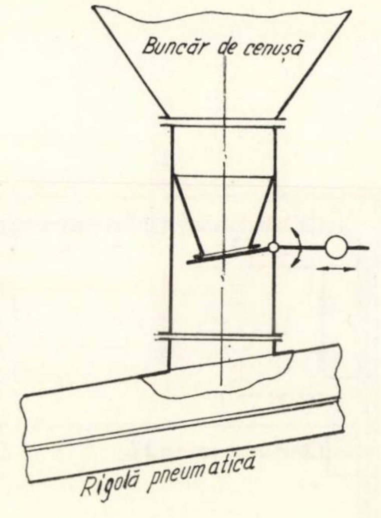


Fig. 8. Clapeta pendulară tip Cariolis

— pe orizontală : 0,5 kW/t cenușă ;

— pe verticală : 0,75 kWh/t cenușă ;

h) temperatura cenușii : max. 165°C.

Considerații critice cu privire la schema de conexiuni inițială

La punerea în funcțiune a instalației de transport pneumatic prin fluidizare, în anul 1970, la cazanele nr. 1 și 2 de la CTE Deva-Mintia, din cauza unor deficiențe în conceperea schemei de conexiuni inițiale, instalația a funcționat defectuos, provocînd neajunsuri în exploatarea cazanelor și a electrofiltrelor.

Au fost dese situațiile în care s-a trecut funcționarea cazanelor de pe praf de cărbune pe gaz metan, ca urmare a declanșării automate a electrofiltrelor, deoarece instalația de evacuare pneumatică a cenușii nu asigura transportul acesteia, nivelul de cenușă în buncărele electrofiltrelor crescînd atît de mult, încît a blocat funcționarea dispozitivelor de scuturare, a deformat plăcile directoare de la intrarea gazelor în electrofiltre, deformînd chiar electrozii de depunere în așa măsură, încît s-au produs scurtcircuite între aceștia.

Analizînd comportarea instalației de transport pneumatic a cenușii prin fluidizare, în schema proiectată inițial (fig. 7), în timpul exploatării cazanului pe cărbune la sarcina nominală, în condiții de temperatură exterioară scăzută și cu umiditate relativă atmosferică ridicată, s-au făcut următoarele constatări :

La rîndurile nr. 1 și 2 de buncăre de pe canalul de gaze, la intrarea în electrofiltru, cenușa avea granulație mare (peste 200 μ), deci se preta foarte greu la transportul prin fluidizare; ca urmare, în cea mai mare parte a timpului nu se transporta, staționînd în rigolă, răcindu-se, iar sub influența umezelii din aerul insuflat se aglomera.

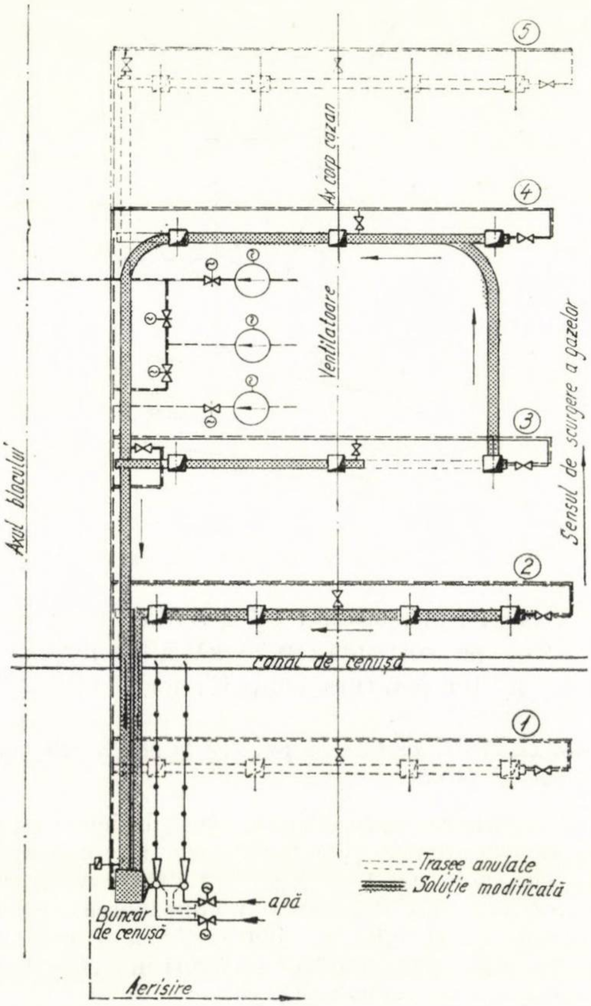


Fig. 9.

Cantitatea de cenușă care se depunea la rîndul nr. 5 de buncăre, la ieșirea gazelor din electrofiltre, era neînsemnată (situație favorabilă creată de randamentul ridicat al electrofiltrelor, $\varepsilon = 99,9\%$) și foarte fină. Fiind foarte fină și în cantitate redusă, sub influența umezelii din aerul insuflat se cimenta pe pereții rigolei.

Rigola colectoare principală, în partea dinspre rîndurile nr. 4 și 5 de buncăre nu transporta cenușa (fiind rece și umedă, din cauzele amintite).

Aerul insuflat nefiind uscat sau încălzit, la contactul cu cenușa, caldă și higroscopică, placa de difuziune din pîslă se umezea și se înfunda cu cenușa care se depunea. În acest sens, nu s-a ținut seama că instalația trebuie să fie proiectată pentru a funcționa în exterior.

Instalația avea un consum exagerat de apă, de circa 600 m^3/h, față de 360 m^3/h pe un bloc cît era prevăzut în proiect.

Din aceste constatări s-a ajuns la concluzia că în conceperea schemei de conexiuni inițiale nu s-a ținut seama de următoarele elemente importante, care au făcut ca instalația să nu funcționeze normal:

— Electrofiltrele, fiind cu două trepte de reținere, în prima treaptă se reține peste 70% din cantitatea de cenușă conținută în gazele arse, în timp ce în treapta a doua se reține mai puțin de 30% cenușă, iar după electrofiltru mai puțin de 1%.

— În prima treaptă se reține cantitatea cea mai mare de cenușă cu granulația cea mai mare, iar în cea de-a doua treaptă și după electrofiltru granulația cenușii este foarte fină.

Fără a se avea în vedere aceste două elemente foarte importante, în schema de conexiuni inițială s-a prevăzut evacuarea cu rigole separate a cenușii în fiecare treaptă și apoi deversarea cenușii din acestea într-o rigolă principală colectoare, avînd sensul de curgere invers sensului de curgere a gazelor prin electrofiltru, respectiv în sensul invers sensului de scădere a cantității de cenușă reținută de electrofiltru, precum și al scăderii granulației cenușii. Astfel, cenușa de granulație mică și în cantitate mai redusă nu reușea să se evacueze, avînd în față fluxul de cenușă cu granulație mare și în cantitate dublă.

— Deși instalația a fost proiectată pentru a funcționa în exterior, nu s-a avut în vedere fie ca debitul de cenușă să fie aproximativ uniform prin toate rigolele, pentru a se menține calde toate traseele și să se evite producerea punctului de rouă la contactul dintre aerul rece insuflat și cenușa caldă, fie ca, în același scop, să se insufle în rigole aer cald cu temperatură apropiată de cea a cenușii.

Din această cauză, la rigolele pe care cenușa era în cantitate redusă sau în cantitate redusă și foarte fină, sub influența aerului rece insuflat se cimenta pe pereții rigolelor și pe placa de difuziune din pîslă, care se înfunda cu cenușă.

Modificările aduse schemei de conexiuni

La modificarea schemei de conexiuni inițiale s-a căutat în primul rînd să se elimine cele trei deficiențe de proiectare amintite, iar în al doilea rînd să rămînă pe cît posibil o parte din schema de conexiuni inițială, pentru ca volumul de lucrări de modificare să fie minim.

Modificările aduse schemei de conexiuni, după cum se poate vedea în figurile 9 și 10, sînt următoarele:

Prin proiect s-a prevăzut ca pe canalul de gaze arse, la intrarea în electrofiltru, precum și pe canalul de gaze la ieșirea din electrofiltre, să se monteze cîte patru buncăre metalice pe fiecare corp de cazan, pentru captarea cenuşii.

Corespunzător acestor buncăre, în schema de conexiuni a instalaţiei de evacuare pneumatică a cenuşii au fost prevăzute rigolele pneumatice nr. 1 şi 5, prin care să se evacueze cenuşa de la acestea.

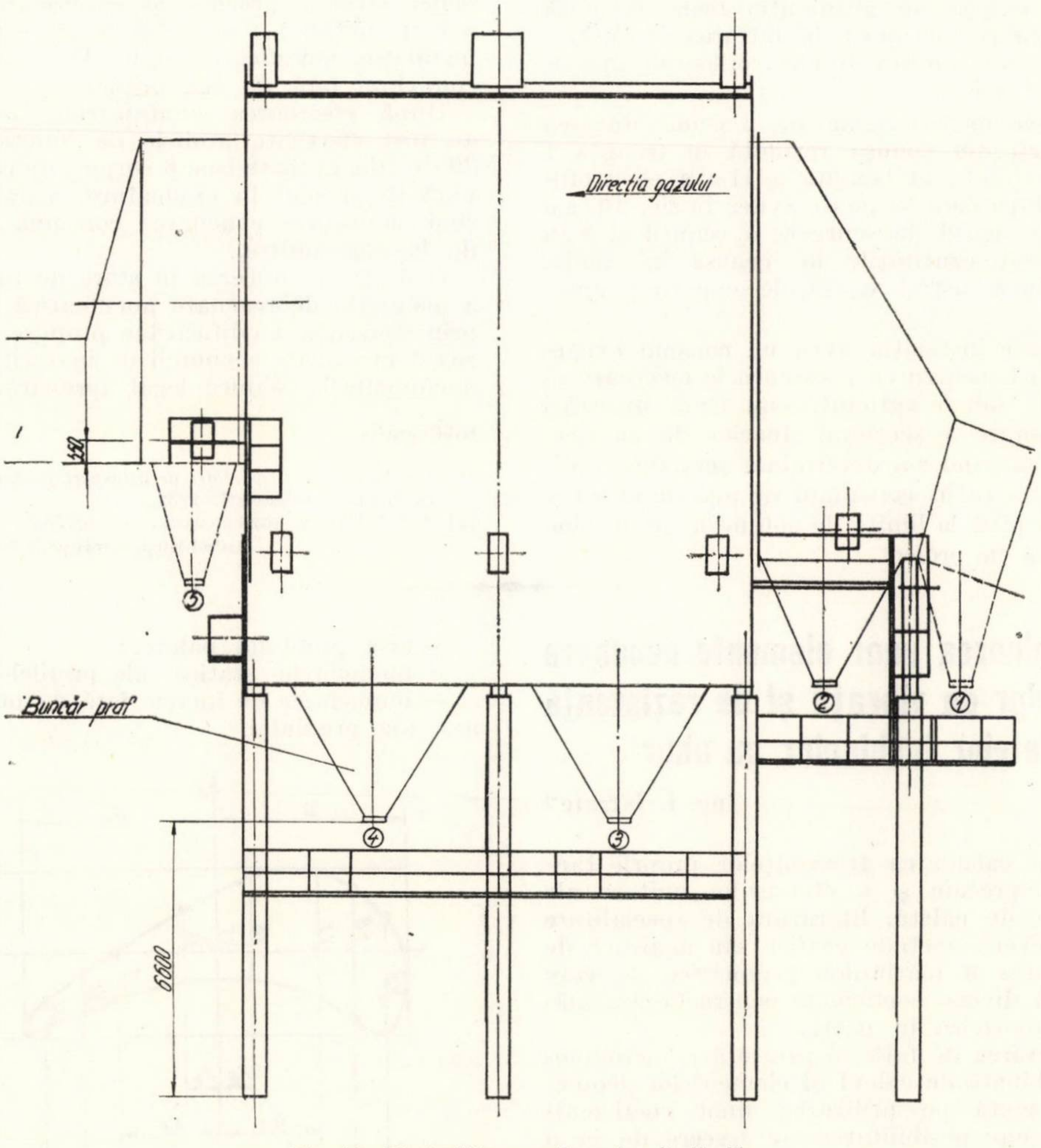


Fig. 10. Electrofiltru, secţiune longitudinală.

Cînd s-au analizat cauzele pentru care instalaţia de evacuare pneumatică a cenuşii nu asigura evacuarea continuă a cenuşii de la electrofiltre, printre altele s-a amintit că la rîndurile 1 şi 5 de buncăre cantitatea de cenuşă care se depunea era neînsemnată. La rîndul nr. 1 se depunea foarte puţină cenuşă, din cauza vitezei mari a gazelor în această zonă. Cantitatea de cenuşă care se depunea la rîndul nr. 5 de buncăre, la ieşirea gazelor din electrofiltru, era neînsemnată, din cauza randamentului de peste 99% al electrofiltrelor.

Ţinînd seamă de aceste elemente, s-a procedat la desfiinţarea buncărelor de pe rîndurile nr. 1 şi 5, nefiind necesare, împreună cu rigolele pneumatice aferente.

Măsurătorile de randament efectuate la electrofiltrele cazanului nr. 1 au demonstrat că măsura nu a avut nici un fel de influenţă negativă asupra gradului de reţinere al electrofiltrului şi nici asupra regimului de funcţionare a acestuia. În schimb, pentru funcţionarea instalaţiei de evacuare pneumatică a cenuşii această măsură a avut o influenţă foarte favorabilă, simplificîndu-se totodată schema.

Rigola pneumatică de sub rîndul nr. 2 de buncăre, avînd de transportat cenușa cu granulația cea mai mare, în loc să mai evacueze cenușa în rigola principală, cum era în schema inițială, a fost racordată direct la buncărul de colectare de la ejectoare, evacuîndu-se astfel separat cenușa de granulație mare reținută prin separare mecanică, la intrarea în electrofiltre, de cea captată de electrofiltre de granulație mai mică.

Prin secționarea rigolei nr. 2 și introducerea unei părți din cenușa reținută în treapta I în cea reținută în treapta a II-a a electrofiltrului, după cum se poate vedea în fig. 10, s-a schimbat sensul de scurgere a cenușii și s-au uniformizat cantitățile de cenușă în rigolă, realizîndu-se astfel condițiile explicate anterior.

Deoarece instalația avea un consum exagerat de apă, pentru ca presiunea la ejectoare să nu scadă sub 5 kgf/cm^2, s-au făcut încercări de micșorare a secțiunii duzelor de la ejectoare, pînă cînd s-a determinat secțiunea optimă, care a redus consumul de apă de la circa 600 m^3/h pînă la limita de 360 m^3/h pe un bloc prevăzută în proiect.

Concluzii

Folosind constatările făcute în funcționarea instalației de transport pneumatic al cenușii prin fluidizare, în timpul exploatării cazanelor pe cărbune, la sarcină nominală, propunerile beneficiarului, precum și experiența proprie a furnizorului, s-a acceptat de către furnizorul instalației modificarea esențială a schemei de conexiuni față de cea inițială.

După efectuarea modificărilor menționate au fost efectuate probele de funcționare, de 30 de zile, la toate cele 6 corpuri de cazan date pînă în prezent în exploatare, instalația reușind să asigure evacuarea continuă a cenușii de la electrofiltre.

O dată cu aducerea în stare de funcționare a instalației de evacuare pneumatică a cenușii, prin aplicarea modificărilor propuse, se realizează însemnate economii de investiții față de documentația tehnică legal aprobată.

Bibliografie

[1] Bulat, A. *Instalații de transport pneumatic.* Editura tehnică, București, 1962.

[2] * * * Eöterv közlemenyek, nr. 6/1968.

(Articol intrat în redacție la 2 februarie 1971)

◆

Determinarea unor elemente necesare calculelor de vibrații și de rezistență ale paletelor turbinelor cu abur

Ing. I. Istrate*⁾

Pentru calcularea frecvențelor proprii tangențiale, precum și a eforturilor unitare ale profilelor de paletă, literatura de specialitate indică diverse metode grafice sau analitice de determinare a mărimilor geometrice, la care se aplică diverși coeficienți pentru fiecare mărime geometrică în parte.

În lucrarea de față se prezintă o metodologie combinată de calcul al elementelor geometrice, bazată pe utilizarea unor coeficienți [2] care dau posibilitatea de trecere de la o suprafață dreptunghiulară la una oarecare. Rezultatele sînt comparabile cu cele obținute prin metoda lui Simpson sau metoda trapezelor, folosite în mod curent în industrie la construcția turbinelor cu abur, metoda avînd avantajul că timpul de efectuare a calculelor se reduce considerabil.

Calculul ariei profilului paletei

Elemente necesare efectuării calculelor de vibrații și de rezistență pot fi considerate următoarele :

— aria profilului paletei :
— momentele statice ale profilelor ;
— momentele de inerție față de principalele axe ale profilului.

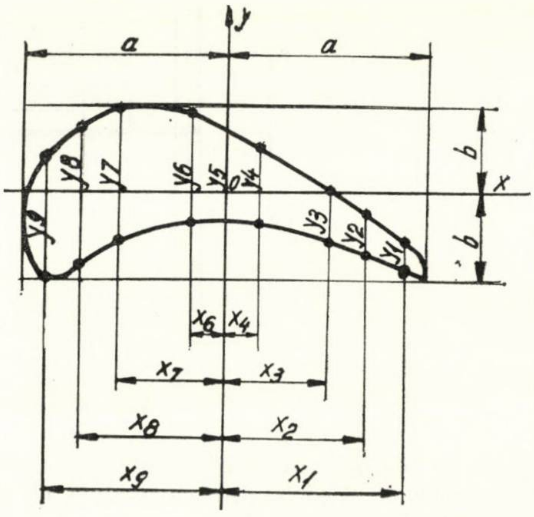


Fig. 1

Pentru determinarea ariei unei secțiuni de paletă, se încadrează profilul într-un dreptunghi astfel încît una din laturi să fie coarda profilului ; prin centrul de greutate al dreptunghiului se trasează un sistem de axe rectangulare (X—Y), cu condiția ca acestea să facă un unghi drept cu laturile dreptunghiului (fig. 1).

---

*⁾ Ing. Ion Istrate este șeful Serviciului vibrații al Întreprinderii „Energoreparații" București.

Tabelul 1

ν_1	ν_2	ν_3	ν_4	ν_5	ν_6	ν_7	ν_8	ν_9
09116	0,6010	0,5288	0,1679	0,000	−0,1679	−0,5288	−0,6010	−0,9116

Cu ajutorul relației (1) se poate calcula aria secțiunii [2] în care a este jumătatea laturii mari a dreptunghiului în care este încadrat profilul; m – scara profilului; Y_i – ordonata profilului măsurată în dreptul abscisei, corespunzătoare lui x_i:

$$A = \frac{2\,a}{9m^2}(Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 + Y_6 + Y_7 + Y_8 + Y_9)\ [\text{cm}^2] \qquad (1)$$

Abscisele x_i se calculează cu ajutorul coeficienților din tabelul 1. După cum se constată, valorile acestea sînt simetrice față de axa y, astfel că este suficient să se calculeze abscisele $x_1 = a\nu_1$; $x_2 = a\nu_2$; $x_3 = a\nu_3$; $x_4 = a\nu_4$. și, datorită simetriei, rezultă că: $x_9 = x_1$; $x_8 = x_2$; $x_7 = x_3$; $x_6 = x_4$ (fig. 1).

Trebuie menționat că pentru $\nu_5 = 0$, $x_5 = 0$ corespunde ordonata Y_5, a cărei mărime se ia în considerație în calcul.

Rezultatele calculelor au o abatere de 0,3% față de metoda lui Simpson [2].

Determinarea momentelor de inerție ale secțiunii profilului în raport cu axele X și Y

Momentul de inerție în raport cu axa Y se calculează cu relația (2), în care Y'_i este ordonata corespunzătoare abscisei x'_i, calculată cu ajutorul coeficienților din tabelul 2.

$$I_y = \frac{a^3}{9\,m^4}(Y'_1 + Y'_2 + Y'_3 + Y'_4 + Y'_5 + Y'_6)\,[\text{cm}^4] \qquad (2)$$

Tabelul 2

μ_1	μ_2	μ_3	μ_4	μ_5	μ_6
0,9 410	0,8133	0,5030	−0,5030	−0,8133	−0,9410

Datorită simetriei coeficienților, în acest caz este suficient să se calculeze trei valori: $x'_1 = a\mu_1$; $x'_2 = a\mu_2$; $x'_3 = a\mu_3$, iar $x'_6 = x'_1$; $x'_5 = x'_2$ și $x'_4 = x'_3$. În figura 2 sînt reprezentate atît abscisele, cît și ordonatele corespunzătoare relației (2).

Momentul de inerție în raport cu axa X se calculează cu relația:

$$I_x = \frac{b^3}{9\,m^4}(X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6)\ [\text{cm}^4] \qquad (3)$$

Cu aceiași coeficienți din tabelul 2 se calculează ordonatele: $y_1 = b\mu_1$; $y_2 = b\mu_2$; $y_3 = b\mu_3$ și, după cum s-a arătat, $y_6 = y_1$; $y_5 = y_2$; $y_4 = y_3$. În felul acesta s-au determinat abscisele X_i necesare efectuării calculului cu relația (3). În figura 3 sînt reprezentate abscisele corespunzătoare relației (3).

Tabelul 3

γ_1	γ_2	γ_3	γ_4	γ_5	γ_6
0, 9295	0,7118	0,4437	−0,4437	−0,7118	−0,9295

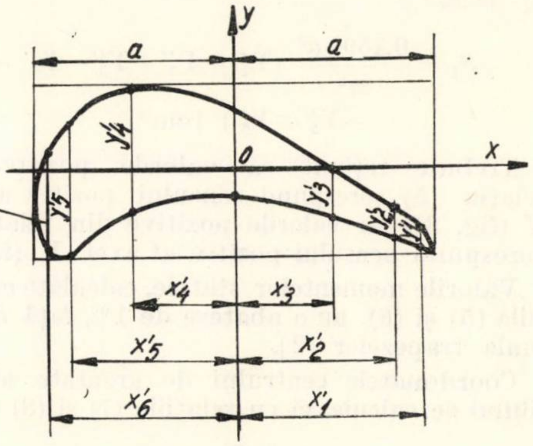


Fig. 2

Valorile momentului de inerție, calculate cu relațiile (2) și (3), au o abatere de 1,3% față de valorile obținute cu formula trapezelor [2].

Momentele de inerție (I_x, I_y) sînt corespunzătoare centrului de greutate al dreptunghiului. Pentru determinarea momentelor de inerție corespunzătoare centrului de greutate al profilului, se utilizează relația (4), în care d este distanța de la centrul de greutate al secțiunii pînă la dreapta Δ față de care se calculează momentul de inerție:

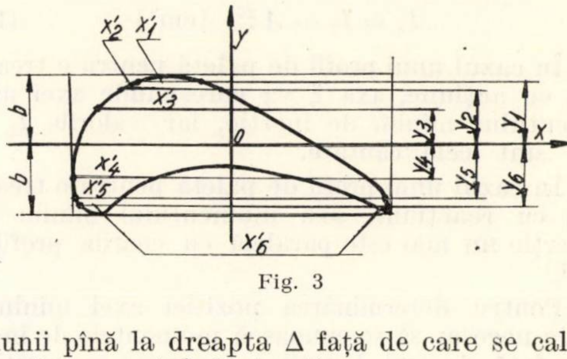


Fig. 3

$$I_\Delta = I_G + Ad^2\ [\text{cm}^4] \qquad (4)$$

În cazul de față nu se cunosc coordonatele centrului de greutate al profilului; ele pot fi determinate cu ajutorul momentelor statice, calculate în raport cu axele X și Y. Aceste momente se calculează tot cu ajutorul unor coeficienți, de asemenea simetrici, prezentați în tabelul 3.

Momentul static S_X se determină cu relația (5), după ce s-au calculat coordonatele: $y'_1 = b\gamma_1$; $y'_2 = b\gamma_2$; $y'_3 = b\gamma_3$ și $y'_6 = y'_1$; $y'_5 = y'_2$; $y'_4 = y'_3$

$$S_X = \frac{0{,}1599 b^2}{m^2} (X'_1 + X'_2 + X'_3 - X'_4 - X'_5 - X'_6) \; [\mathrm{cm}^3] \qquad (5)$$

Momentul static S_Y se determină cu relația (6), după ce s-au calculat abscisele: $x''_1 = a\gamma_1$; $x''_2 = a\gamma_2$; $x''_3 = a\gamma_3$ și $x''_6 = x''_1$; $x''_5 = x''_2$; $x''_4 = x''_3$

$$S_Y = \frac{0{,}1599\, a^2}{m^3} (Y''_1 + Y''_2 + Y''_3 - Y''_4 - Y''_5 - Y''_6) \; [\mathrm{cm}^3] \qquad (6)$$

Trebuie reținut că valorile pozitive din relația (5) corespund sensului pozitiv al axei Y (fig. 3), iar valorile pozitive din relația (6) corespund sensului pozitiv al axei X (fig. 2).

Valorile momentelor statice, calculate cu relațiile (5) și (6), au o abatere de 1% față de formula trapezelor [2].

Coordonatele centrului de greutate al profilului se calculează cu relațiile (7) și (8):

$$\xi_G = \frac{\pm S_Y}{A} \; [\mathrm{cm}] \qquad (7)$$

$$\eta_G = \frac{\pm S_X}{A} \; [\mathrm{cm}] \qquad (8)$$

Cu ajutorul acestor coordonate se trasează noul sistem de axe rectangulare (ξ, η) (fig. 4) față de care se calculează momentele de inerție I_ξ și I_η conform relațiilor (9) și (10):

$$I_\xi = I_X - A\eta_G^2 \; [\mathrm{cm}^4] \qquad (9)$$

$$I_\eta = I_Y - A\xi_G^2 \; [\mathrm{cm}^4] \qquad (10)$$

În cazul unui profil de paletă pentru o treaptă cu acțiune, axa ξ va corespunde axei momentului minim de inerție, iar valorile I_ξ și I_η sînt cele căutate.

În cazul unui profil de paletă pentru o treaptă cu reacțiune, axa momentului minim de inerție nu mai este paralelă cu coarda profilului.

Pentru determinarea poziției axei minime, este necesar să se cunoască momentele de inerție față de trei direcții; se cunosc momentele de inerție I_ξ și I_η și se calculează momentul de inerție $I_{\eta'}$ față de o axă sub un unghi de 45° în raport cu sistemul de axe X, Y (fig. 5). Cu relația (11) se determină valoarea momentului de inerție $I_{y'}$, iar ordonatele η' se calculează în același mod cum s-a stabilit pentru relația (2),

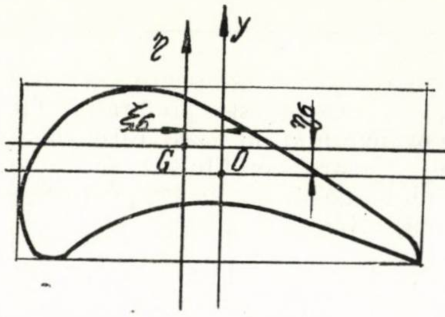


Fig. 4

cu deosebirea că locul lui a va fi luat de c:

$$I_{y'} = \frac{c^3}{9\, m^4} (\eta'_1 + \eta'_2 + \eta'_3 + \eta'_4 + \eta'_5 + \eta'_6) \; [\mathrm{cm}^4] \qquad (11)$$

Pe figura 5 se măsoară distanța ξ'_G de la centrul de greutate al profilului pînă la centrul de greutate al dreptunghiului rotit (față de axa Y'), iar cu relația (12) se calculează momentul de inerție față de axa η':

$$I_{\eta'} = I_{y'} - A\left(\frac{\xi'_G}{m}\right)^2 \; [\mathrm{cm}^4] \qquad (12)$$

Cunoscîndu-se valorile momentelor de inerție pe cele trei direcții, se poate stabili direcția momentului de inerție minim (13):

$$\mathrm{tg}2\psi = \frac{2I_\eta - (I_\eta + I_\xi)}{I_\eta - I_\xi} \qquad (13)$$

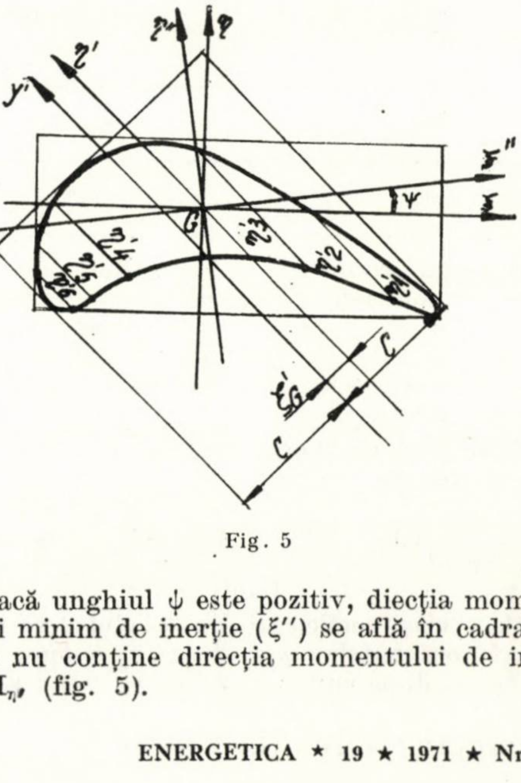


Fig. 5

Dacă unghiul ψ este pozitiv, diecția momentului minim de inerție (ξ'') se află în cadranul care nu conține direcția momentului de inerție $I_{\eta'}$ (fig. 5).

Față de noile axe de inerție (ξ'', η''), se calculează valorile momentelor minim ($I_{\xi''}$) și maxim ($I_{\eta''}$), utilizîndu-se (14), iar momentul de inerție centrifugal se calculează cu (15):

$$\left.\begin{aligned} I_{\eta''} + I_{\xi''} &= I_\eta + I_\xi \\ I_{\eta''} - I_{\xi''} &= \frac{I_\eta - I_\xi}{\cos 2\psi} \end{aligned}\right\} \tag{14}$$

$$I_{\xi''\eta''} = \frac{(I_{\eta''} - I_{\xi''}) \operatorname{tg} 2\psi}{2} \tag{15}$$

Exemplu de calcul

Se calculează elementele geometrice ale unui profil cu reacțiune, avînd: $m = 10$; $a = 196{,}5$ mm; $b = 68$ mm; $c = 135{,}5$ mm.

Calculul suprafețelor

$$\begin{aligned} x_1 &= a\nu_1 = 196{,}5 \times 0{,}9116 = 179 \text{ mm}; & x_9 &= x_1 \\ x_2 &= a\nu_2 = 196{,}5 \times 0{,}6010 = 118 \text{ mm}; & x_8 &= x_2 \\ x_3 &= a\nu_3 = 196{,}5 \times 0{,}5288 = 103{,}6 \text{ mm}; & x_7 &= x_3 \\ x_4 &= a\nu_4 = 196{,}5 \times 0{,}1679 = 32{,}9 \text{ mm}; & x_6 &= x_4 \end{aligned}$$

Cu abscisele calculate se măsoară ordonatele Y_i (fig. 1):

$$\Sigma y_i = 8{,}5+24+29+51+63+77+99+101+75 = 527{,}5 \text{ mm}$$

$$A = \frac{2a}{9\,m^2} \sum_1^9 Y_i = \frac{2 \times 19{,}65}{9 \times 10^2} \times 52{,}75 = 2{,}3 \text{ cm}^2.$$

Calculul momentelor de inerție (I_x, I_y)

$$I_X = \frac{b^3}{9\,m^4}(X_1+X_2+X_3+X_4+X_5+X_6)\ [\text{cm}^4]$$

Se calculează ordonatele cu coeficienții din tabelul 2:

$$\begin{aligned} y_1 &= b\mu_1 = 68 \times 0{,}941 = 63{,}8 \text{ mm}; & y_6 &= y_1 \\ y_2 &= b\mu_2 = 68 \times 0{,}8133 = 55{,}2 \text{ mm}; & y_5 &= y_2 \\ y_3 &= b\mu_3 = 68 \times 0{,}503 = 34{,}2 \text{ mm}; & y_4 &= y_3 \end{aligned}$$

În punctele ordonatelor calculate se măsoară abscisele și se însumează (fig. 3):

$$\Sigma X_i = 66+113+195+94+38+52+16+28+9 = 611 \text{ mm}$$

$$I_X = \frac{6{,}8^3}{9 \times 10^4} \times 61{,}1 = 0{,}213 \text{ cm}^4$$

$$I_Y = \frac{a^3}{9m^4}(Y_1' + Y_2' + Y_3' + Y_4' + Y_5' + Y_6')\ [\text{cm}^4]$$

Se calculează abscisele cu coeficienții din tabelul 2:

$$\begin{aligned} x_1' &= a\mu_1 = 196{,}5 \times 0{,}941 = 185 \text{ mm}; & x_6' &= x_1' \\ x_2' &= a\mu_2 = 196{,}5 \times 0{,}8133 = 159{,}5 \text{ mm}; & x_5' &= x_2' \\ x_3' &= a\mu_3 = 196{,}5 \times 0{,}503 = 98{,}6 \text{ mm}; & x_4' &= x_3' \end{aligned}$$

În punctele absciselor calculate se măsoară ordonatele și se însumează (fig. 2):

$$\Sigma_{Y_i'} = 7{,}5 + 13 + 30{,}5 + 98{,}5 + 97 + 60 = 306{,}5 \text{ mm}$$

$$I_Y = \frac{19{,}65^3}{9 \times 10^4} \times 30{,}65 = 2{,}59 \text{ cm}^4$$

Calculul momentelor statice (S_x, S_y)

$$S_X = \frac{0{,}1599\, b^2}{m^3}(X_1'+X_2'+X_3'-X_4'-X_5'-X_6')\ [\text{cm}^3]$$

Se calculează ordonatele cu coeficienții din tabelul 3:

$$\begin{aligned} y_1' &= b\gamma_1 = 68 \times 0{,}9295 = 63{,}2 \text{ mm}; & y_6' &= y_1' \\ y_2' &= b\gamma_2 = 68 \times 0{,}7118 = 48{,}3 \text{ mm}; & y_5' &= y_2' \\ y_3' &= b\gamma_3 = 68 \times 0{,}4437 = 30{,}2 \text{ mm}; & y_4' &= y_3' \end{aligned}$$

În punctele ordonatelor calculate se măsoară abscisele din cadranul pozitiv al axei Y, din care se scad abscisele din cadranul negativ al axei Y (fig. 3):

$$\Sigma X_i = 76+145+208-102-44-65-21-32-10 = 155 \text{ mm}$$

$$S_x = \frac{0{,}1599 \times 6{,}8^2}{10^3} \times 15{,}5 = 0{,}114 \text{ cm}^3$$

$$S_Y = \frac{0{,}1599\, a^2}{m^3}(Y_1''+Y_2''+Y_3''-Y_4''-Y_5''-Y_6'')\ [\text{cm}^3]$$

Se calculează abscisele cu coeficienții din tabelul 3:

$$\begin{aligned} x_1'' &= a\gamma_1 = 196{,}5 \times 0{,}9295 = 182{,}5 \text{ mm}; & x_6'' &= x_1'' \\ x_2'' &= a\gamma_2 = 196{,}5 \times 0{,}7118 = 140 \text{ mm}; & x_5'' &= x_2'' \\ x_3'' &= a\gamma_3 = 196{,}5 \times 0{,}4437 = 87 \text{ mm}; & x_4'' &= x_3'' \end{aligned}$$

În punctele absciselor calculate se măsoară ordonatele din cadranul pozitiv al axei X, din care se scad ordonatele din planul negativ al axei X

$$\Sigma Y_i'' = 8 + 18 + 34 - 96 - 102 - 68 = -206 \text{ mm}$$

$$S_Y = \frac{0{,}1599 \times 19{,}65^2}{10^3} \times (-20{,}6) = -1{,}265 \text{ cm}^3$$

Calculul centrului de greutate al profilului

$$\xi_G = \frac{\pm S_Y}{A} = \frac{-1{,}265}{2{,}3} = -0{,}55 \text{ cm}$$

$$\eta_G = \frac{\pm S_X}{A} = \frac{0{,}114}{2{,}3} = 0{,}0495 \text{ cm}$$

Calculul momentului de inerție I_Y' (la 45° față de I_Y)

$$I_Y' = \frac{c^3}{9\text{m}^4}(\eta_1' + \eta_2' + \eta_3' + \eta_4' + \eta_5' + \eta_6')\ [\text{cm}^4]$$

Se calculează abscisele cu coeficienții din tabelul 2:

$$\begin{aligned} \xi_1' &= C\mu_1 = 135{,}5 \times 0{,}941 = 127{,}5 \text{ mm}; & \xi_6' &= \xi_1' \\ \xi_2' &= C\mu_2 = 135{,}5 \times 0{,}8133 = 110 \text{ mm}; & \xi_5' &= \xi_2' \\ \xi_3' &= C\mu_3 = 135{,}5 \times 0{,}503 = 68{,}2 \text{ mm}; & \xi_4' &= \eta_3' \end{aligned}$$

În punctele absciselor calculate se măsoară ordonatele și se însumează (fig. 5):

$$\Sigma \eta_i' = 33 + 68 + 107 + 82 + 56 + 32 = 378 \text{ mm}$$

$$I_Y' = \frac{13{,}55^3}{9 \times 10^4} \times 37{,}8 = 1{,}04 \text{ cm}^4$$

Tot cu ajutorul figurii 5 se măsoară și distanța de la centrul de greutate al profilului pînă la axa η'.

Calculul momentelor reduse

$$I_\eta' = I_Y' - A\left(\frac{\xi_G'}{m}\right)^2 = 1{,}04 - 2{,}3 \times \frac{36}{10^4} = 0{,}957 \text{ cm}^4$$

$$I_\eta = I_Y - A\xi_G^2 = 2{,}59 - 2{,}3x\ (0{,}55)^2 = 1{,}9 \text{ cm}^4$$

$$I_\xi = I_X - A\eta_G^2 = 0{,}213 - 2{,}3 \times (0{,}0495)^2 = 0{,}207 \text{ cm}^4$$

Calculul direcției momentului minim (ξ'')

$$\operatorname{tg} 2\psi = \frac{2I_\eta' - (I_\eta + I_\xi)}{I_\eta - I_\xi} = \frac{2 \times 0{,}957 - (1{,}9 + 0{,}207)}{1{,}9 - 0{,}207} = -0{,}13$$

$$2\psi = 7°30'; \ \psi = 3°45'$$

La un unghi ψ pozitiv, axele principale (ξ'', η'') se trasează ca în figura 5.

Calculul momentelor de inerție față de axele (ξ'', η''), *înclinate sub unghiul* ψ *față de axele* (ξ, η)

$$I_{\eta''} + I_{\xi''} = I_\eta + I_\xi = 1{,}9 + 0{,}207 = 2{,}107$$

$$I_{\eta''} - I_{\xi''} = \frac{I_\eta - I_\xi}{\cos 2\psi} = \frac{1{,}693}{0{,}99144} = 1{,}705$$

$$2\,I_{\eta''} = 3{,}812;\quad I_{\eta''} = 1{,}906 \text{ cm}^4$$

$$2\,I_{\xi''} = 0{,}402;\quad I_{\xi''} = 0{,}201 \text{ cm}^4$$

$$I_{\xi''\eta''} = \frac{(I_{\eta''} - I_{\xi''})\,\mathrm{tg}\,2\psi}{2} = \frac{(1{,}906 - 0{,}201)\,(-0{,}13)}{2} = -\,0{,}111 \text{ cm}^4$$

Concluzii

Din exemplul dat rezultă că metoda de calcul este completă, se efectuează într-un volum de timp destul de scurt și se obțin rezultate bune. Avantajul metodei constă în faptul ca toate măsurătorile care se efectuează pe profil se utilizează în relațiile de calcul numai la puterea 1, neexistînd posibilități mari de introducere a erorilor.

Bibliografie

[1] Buzdugan, Gh. *Rezistența materialelor*. Editura Academiei R.S.R., București, 1971.

[2] Ponomariov, S. D. ș. a. *Calculul de rezistență în construcția de mașini*. Vol. III. Editura tehnică, București, 1964. Traducere din limba rusă.

[3] Sir Harold Roxbee Cox. *Gas turbine principles and practice*. London 1955.

(Articol intrat în redacție la 29 aprilie 1971)

O abordare secvențială a defectelor simultane în rețelele complexe

Matem. **D. Leonte** și ing. **A. Petroianu**[*]

Problema defectelor simultane în rețelele electrice a constituit obiectul a numeroase lucrări [1]—[15]; cu toate acestea, determinarea regimurilor de sarcină în sistemele electroenergetice afectate de defecte simultane nu a intrat pînă în prezent în practica curentă a calculelor de exploatare necesare comenzii prin dispecer, nici la noi în țară și nici peste hotare. Explicația acestei situații rezidă în faptul că, pînă în prezent, nu a putut fi justificată, în suficientă măsură, necesitatea unor asemenea calcule în exploatare.

Pentru a se putea ajunge la un răspuns concludent, sînt necesare studii comparative ce impun calcule deosebit de laborioase privind determinarea regimurilor de sarcină cu și fără luarea în considerare a multiplelor defecte.

Lucrarea își propune :

— să prezinte un algoritm și un program eficient de calcul elaborat în cadrul DSE [16];

— să evidențieze importanța considerării multiplelor nesimetrii în calculul regimurilor de sarcină.

În ultima perioadă, în literatura noastră electrotehnică, problema calculelor multiplelor nesimetrii a fost abordată cu ajutorul unor metodologii originale [17]—[22]. Față de aceste metodologii algoritmul expus în lucrare prezintă următoarele particularități :

— constituie o *abordare secvențială* și o rezolvare „pas cu pas" a regimului de sarcină cu multiple nesimetrii (numărul de pași fiind egal cu numărul de defecte apărute simultan în rețea), spre deosebire de metodologiile existente, care reprezintă abordări globale și rezolvări simultane ale nesimetriilor;

— utilizează *principiul suprapunerii efectelor* [23], mărimile electrice de stare ale rețelei, în regimul de sarcină cu multiple defecte, obținîndu-se ca o sumă de soluții parțiale; spre deosebire de metodologia utilizată de Cernin [24], care consideră, ca una din soluțiile parțiale, regimul de sarcină cu întrerupere, în algoritmul propus soluția sistemului de ecuații neliniare ce caracterizează regimul normal staționar este considerată ca o problemă separată și rezolvată în mod independent prin una din metodele ce ne stau la dispoziție. Celelalte soluții parțiale reprezintă fiecare rezolvarea unui sistem de ecuații liniare corespunzător unui regim incremental ce simulează efectul suplimentar al defectului respectiv;

— folosește un singur tip de matrice de imitanță, și anume *matricea nodală* [Z] *a impedanțelor proprii și mutuale*; acest model nodal al rețelei obținut printr-o metodă de sinteză adecvată programării pe calculatoare electronice cifrice [25]—[29],[39] servește ca suport matematic la tratarea atît a defectelor transversale cît și a celor longitudinale, spre deosebire de metodele cunoscute, care, în general, necesită determinarea unor matrice hibride [38];

— reprezintă o aplicație, în domeniul calculelor multiplelor nesimetrii, *a metodei secționării și interconectării*, respectiv a diakopticii lui G. Kron [30].

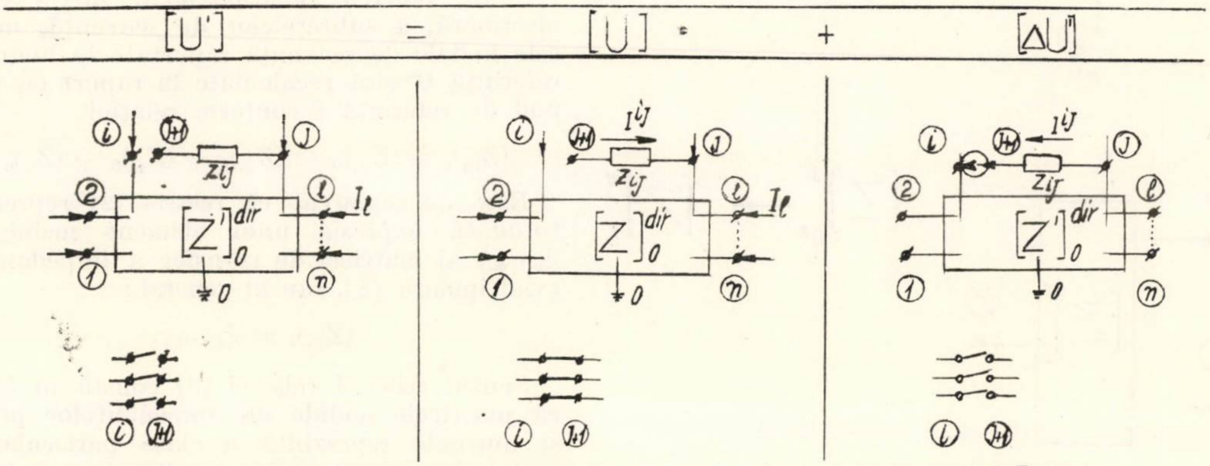
---

[*] Matematician D. Leonte lucrează în cadrul Serviciului analiză-programare din Direcția Sistemului Energetic (DSE); dr. ing. A. Petroianu este șeful Serviciului analiză-programare din DSE.

1. Ipoteze de calcul

În metodologia de calcul au fost considerate următoarele ipoteze simplificatoare curent folosite [31]:

— reţeaua este formată din elemente complet simetrice;



Regimul de sarcină al unei reţele cu linia „$i-j$" deconectată trifazic este caracterizat de vectorul tensiunilor nodale $[U']$ şi poate fi considerat ca suma următoare:

Regimul de sarcină al reţelei cu linia „$i-j$" conectată trifazic caracterizat de vectorul tensiunilor nodale $[U]$ şi

Regimul incremental de întrerupere al reţelei fără alte surse decît un injector $(-I^{ij})$ conectat între bornele „i" şi „j"+1"; acest regim este caracterizat de vectorul variaţiilor tensiunilor nodale $[\Delta U']$.

Fig. 1. Simularea regimului de sarcină al unei reţele avînd o linie „$i-j$" deconectată trifazic

— forţele electromotoare (f.e.m.) aplicate reţelei aparţin sistemului de secvenţă directă;

— f.e.m. aplicate reţelei în regimul normal de sarcină nu sînt modificate de apariţia defectelor;

— nu s-au considerat caracteristicile statice de sarcină în funcţie de tensiune; sarcinile au fost reprezentate prin impedanţe;

— reactanţa generatorului în schema de secvenţă directă este considerată egală cu valoarea sa supratranzitorie, deşi timpul de declanşare a întreruptoarelor se situează aproximativ în perioada corespunzătoare regimului tranzitoriu.

În modelul matematic al reţelei au fost consideraţi următorii factori:

— rezistenţa şi reactanţa liniilor în schemele de secvenţă directă şi inversă (în schemă de secvenţă homopolară au fost considerate numai reactanţele liniilor);

— susceptanţa liniilor de înaltă tensiune;

— inegalitatea impedanţei de sarcină în schemele de secvenţă directă şi inversă.

2. Metoda de calcul

Metoda de calcul va fi exemplificată în cazul unei duble nesimetrii (scurtcircuit şi întrerupere pe faza R la capetele opuse ale unei linii de 220 kV), suprapuse unui regim normal de sarcină într-o reţea cu 23 noduri.

În metoda propusă se prevede determinarea succesivă a următoarelor regimuri:

— *regimul staţionar* — regim simetric normal de sarcină anterior apariţiei defectelor — definit în mod univoc de vectorul $[U]$ al tensiunilor nodale: acest regim în cazul de faţă a fost determinat în mod independent cu programul „RESS" şi nu face obiectul acestei prezentări;

— *regimul incremental*[*] de întrerupere, caracterizat de vectorul $[\Delta U']$ al variaţiilor tensiunilor nodale;

— *regimul incremental* de scurtcircuit, caracterizat de vectorul $[\Delta U'']$ al variaţiilor tensiunilor nodale.

Suprapunerea acestor trei regimuri permite determinarea regimului de sarcină cu dublă nesimetrie definit de vectorul $[U'']$ al tensiunilor nodale conform relaţiei

$$[U''] = [U] + [\Delta U'] + [\Delta U'']. \qquad (1)$$

2. 1. *Calculul regimului incremental ce simulează efectul suplimentar al deconectării monofazice a unei linii*

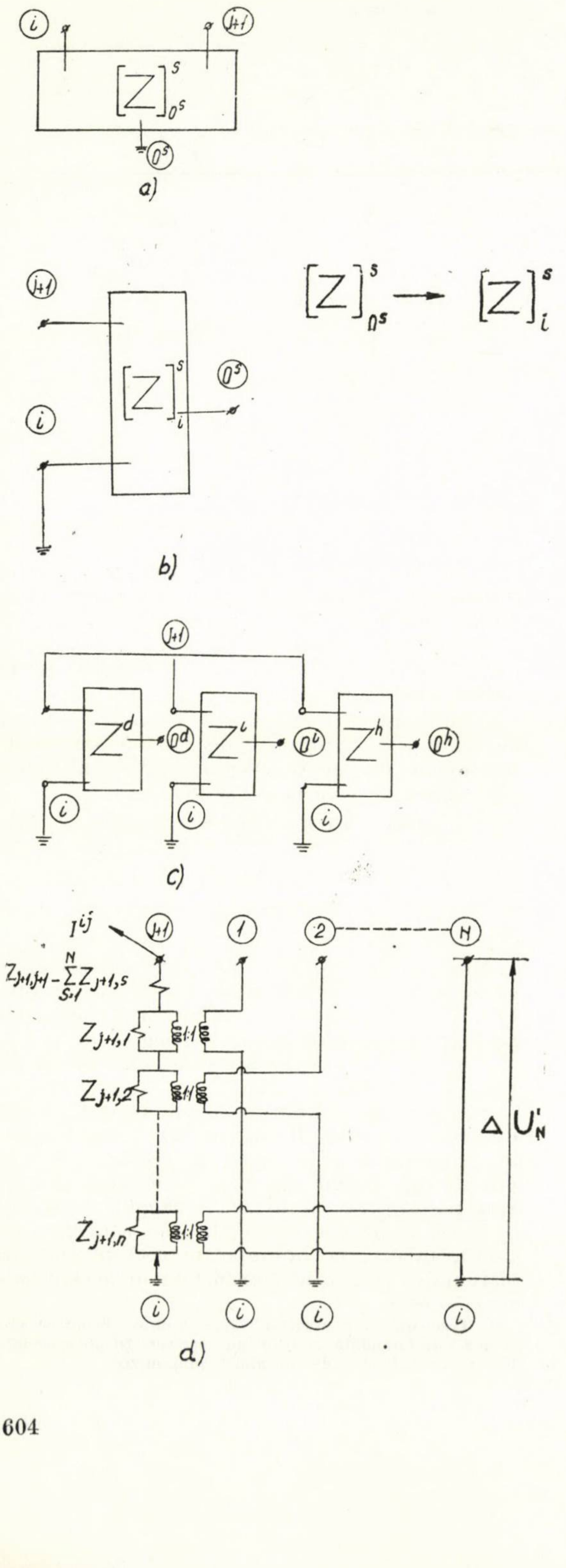
Metodologia de calcul al regimului incremental corespunzător deconectării monofazice a unei linii $i-j$ de către un întreruptor situat în nodul i este similară metodologiei de calcul al regimului incremental corespunzător deconectării trifazice a unei linii [33] (fig. 1).

Regimul incremental ce simulează efectul deconectării fazei R (al unui întreruptor situat în nodul i) prin care, în regimul normal circulă un curent de fază I^{ij} (dinspre nodul i spre nodul j), se calculează după cum urmează:

— Se formează subreţelele de secvenţă directă, inversă şi homopolară corespunzătoare sistemului energetic considerat; în aceste subrețelele se introduce un nod nou notat cu $j+1$, care reprezintă borna suplimentară ce apare atunci cînd se *deconectează* linia $i-j$ și *se conectează* apoi radial nodului j (fig. 2 *a*).

---

[*] Termenul „incremental" este utilizat deoarece problema este formulată în termenii unor variaţii ale variabilelor, şi nu în funcţie de variabilele propriu-zise.



Subrețelele de secvență *neinterconectate* sînt reprezentate matematic prin matricele nodale de secvență ale impedanțelor proprii și mutuale raportate la borna de nul a secvenței respective, matrice notate cu $[Z]^s (s = dir., inv., hom.)$.

Subrețelele de secvență pot fi concepute ca fiind formate prin „secționarea" în nodurile i și $j+1$ a unei rețele echivalente.

— În vederea *interconectării*, într-o etapă ulterioară, a subrețelelor de secvență, matricele nodale de secvență raportate la nodul de referință O^s sînt recalculate în raport cu noul nod de referință i conform relației

$$(Z_{pq})_i = (Z_{pq})_0 - (Z_{pi})_0 - (Z_{qi})_0 + (Z_{ii})_0 \quad (2)$$

Este de remarcat că relația (2) reprezintă totodată expresia unui element nediagonal $\xi_{k,l;m,n}$ al matricei de transfer a impedanțelor cvadripolare $[\xi]$, sau în general:

$$(Z_{pq})_i = \xi_{p,i;q,i}. \quad (3)$$

Sensul fizic al relației (3) constă în faptul că matricele nodale ale impedanțelor proprii și mutuale reprezintă o clasă particulară a matricelor impedanțelor cvadripolare de transfer, pentru care toate perechile de borne au un nod comun (considerat ca nod de referință al rețelei) (fig. 2 *b*).

— Se realizează operația matricială de „concatenare diagonală" [34], care constă în formarea unei hipermatrice cvasidiagonale ale cărei blocuri diagonale sînt constituite din matricele nodale, raportate la nodul i, ale subrețelelor de secvență.

Introducînd operatorul de „concatenare diagonală", notat cu „↘", se scrie relația

$$[Z]_i^{dir.,inv.,hom.} = [Z]_i^{dir.} \searrow [Z]_i^{inv.} \searrow [Z]_i^{hom.} =$$

$$= \begin{array}{|c|c|c|} \hline [Z]_i^{dir.} & & \\ \hline & [Z]_i^{inv.} & \\ \hline & & [Z]_i^{hom.} \\ \hline \end{array} \quad (4)$$

Fig. 2

a – Se formează matricele nodale $[Z]$ pentru subrețelele de secvență directă, inversă și homopolară în configurația cu linia „$i-j$" deconectată și cuplată radial la nodul „j" (se formează un nod nou „$j+1$"); fiecare matrice este raportată la nulul secvenței respective; *b* – Se recalculează matricele nodale [Z] în raport cu nodul „i" considerat ca nod de referință; *c* – Se interconectează subrețelele de secvență directă, inversă și homopolară prin impedanțe nule la nodul comun „$j+1$"; *d* – $\Delta U'_N$ reprezintă a N-a componentă a vectorului variațiilor tensiunilor nodale $[\Delta U']$ ce caracterizează regimul incremental de întrerupere monofazică. Modelul redus al rețelei „văzut" din perechea de borne „i" – „$j+1$".

Operația de „concatenare diagonală” corespunde fizic interconectării subrețelelor de secvență numai în nodul de referință i (fig. 2*b*).

— Se realizează operația de „interconectare” a subrețelelor de secvență, formîndu-se o rețea echivalentă din cele trei subrețele conectate în paralel între nodurile i și $j+1$; această rețea echivalentă este reprezentată printr-o hipermatrice nodală nelacunară a impedanțelor proprii și mutuale, notată cu $[Z']_i$. Operația de interconectare se realizează prin impedanțe de valoare nulă cuplate între nodurile $j+1$ ale fiecărei subrețele de secvență (fig. 2 *c*); procedura de calcul este identică cu cea folosită în metoda constructivă la cuplarea unei ramuri ce aparține unui „co-arbore” (secvență co-homologică). Hipermatricea $[Z']_i$ reprezintă modelul matematic al subrețelelor de secvență *interconectate*.

— Se aplică rețelei echivalente o injecție nodală de curenți caracterizată de vectorul $[\Delta I']$; acest vector are toate elementele nule, cu excepția celor de pe poziția i și $j+1$, care sînt egale ca modul și de semne contrare.

$$[\Delta I'] = \begin{array}{c} \\ \\ \\ \boxed{i} \\ \\ \\ \\ \boxed{j+1} \\ \\ \\ \\ \end{array}\begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \\ I^{ij} \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ -I^{ij} \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{array}{c} \\ \\ \\ \boxed{i} \\ \\ \\ \\ \boxed{j+1} \\ \\ \\ \\ \end{array}\begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ -1 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} * I^{ij} \qquad (5)$$

— Se calculează vectorul variațiilor tensiunilor nodale $[\Delta U']$, vector ce definește regimul incremental al întreruperii monofazice conform relației

$$[\Delta U'] = [Z']_i * [\Delta I'] =$$

$$= [Z']_i \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ -1 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}\begin{array}{l} \\ \\ \\ {\scriptstyle (i)} \\ \\ \\ \\ {\scriptstyle (j+1)} \\ \\ \\ \\ \end{array} * I^{ij} \qquad (6)$$

Produsul dintre hipermatricea $[Z']$ și vectorul unicoloană cu elemente diferite de zero și egale cu $+1$, -1, respectiv în cea de-a i-a și $(j+1)$-a poziție, este echivalent unei însumări de coloane extrase din hipermatrice prin aplicarea unui operator de „extragere” de coloane, operator notat cu simbolul „$\triangleright$”

$$[Z']_i * \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ 1 \\ 0 \\ \vdots \\ -1 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}\begin{array}{l} \\ \\ {\scriptstyle (i)} \\ \\ \\ {\scriptstyle (j+1)} \\ \\ \\ \\ \end{array} = \Sigma\{[Z']_i \triangleright [i, -(j+1)]\} =$$

$$= \begin{bmatrix} Z'_{1,i} - Z'_{1,j+1} \\ Z'_{i,i} - Z'_{i,j+1} \\ Z'_{n,i} - Z'_{n,j+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -Z'_{1,j+1} \\ -Z'_{i,j+1} \\ -Z'_{n,j+1} \end{bmatrix} \qquad (7)$$

Deoarece în rețeaua echivalentă, formată prin interconectarea celor trei subrețele de secvență, ca nod de referință a fost ales nodul i, în hipermatricea $[Z']_i$ nu mai apare coloana corespunzătoare, iar în relația (7) vectorul-coloană $[Z'_{1,i} \cdots, Z'_{n,i}]^T$ este nul.

Ca urmare, determinarea vectorului variațiilor de tensiune $[\Delta U']$ necesită doar reținerea unei singure, a celei de-a $j+1$—a coloane din hipermatrice și înmulțirea (scalară), element cu element, cu curentul I^{ij}, care circulă pe linie în regimul normal, conform relației

$$[\triangle U']_i = \{[Z']_i \triangleright [-(j+1)]\} * I^{ij} \qquad (8)$$

Într-o serie de lucrări anterioare [35]—[36] s-a arătat că fiecare coloană (linie) a matricei nodale a impedanțelor proprii și mutuale reprezintă din punct de vedere fizic o rețea echivalentă, respectiv un model redus al întregii rețele „văzute” din perechea de borne corespunzătoare indicelui coloanei (liniei) respective și a nodului de referință. Acest model redus poate fi reprezentat ca un transformator cu N înfășurări, posedînd N cuplaje mutuale între înfășurarea $j+1$ (deoarece examinăm rețeaua din perechea $j+1$ —i) și restul înfășurărilor.

Pe acest model redus al rețelei, obținerea vectorului $[\Delta U']$ al variațiilor tensiunilor nodale rezultă prin injectarea în nodul de referință i și prin prelevarea prin nodul $j+1$ (nodurile i și $j+1$ reprezentînd cele două borne ale întreruptorului deconectat monofazic) a curentului normal de sarcină pe linie — I^{ij} (fig. 2 *d*). Este de menționat că sub aspectul programării și al alocării memoriei calculatorului, interpretarea fizică menționată prezintă o importanță deosebită. Într-adevăr, posibilitatea determinării regimului incremental al unei rețele echivalente constînd din interconectarea a trei subrețele de secvență pe un model redus (transformator cu N înfășurări) permite efectuarea calculelor operînd cu un singur vector complex N—dimensional (în locul unei matrice complexe N—dimensionale).

În termenii unor admitanțe, asemenea modele reduse ale rețelei sau scheme echivalente ale unei întregi rețele în raport cu un singur nod sînt larg folosite în lucrările P. Dimo sub denumirea de „imagine nodală a rețelei” sau scheme REI [37].

2. 2. *Calculul regimului incremental ce simulează efectul suplimentar al scurtcircuitului monofazic*

Calculul acestui regim incremental se compune din următorii pași :

— Recalcularea vectorului variațiilor tensiunilor nodale $[\Delta U']_i$ din regimul incremental de întrerupere monofazică (și în care variațiile de tensiune sînt raportate la nodul i) în raport cu nulurile schemelor de secvență (respectiv cu nodurile $O^{dir.}$, $O^{inv.}$, $O^{hom.}$) ; se determină $[\Delta U']^s_{0s}$ ($s = dir., inv., hom.$).

— Se calculează regimul de sarcină cu întrerupere monofazică, regim determinat univoc de vectorul $[\Delta U']^s_{0s}$ conform relației :

$$[\Delta U']^s_{0s} = [U]^s_{0s} + [\Delta U']^s_{0s} \tag{9}$$

Cunoscîndu-se vectorul tensiunilor nodale pe secvențe în regimul de sarcină cu întrerupere, se pot calcula în continuare circulațiile de curenți pe secvențe, tensiunile și circulațiile de curenți pe faze.

— În mod deosebit interesează determinarea tensiunii pe faza R în nodul k, unde intervine scurtcircuitul monofazic.

$$U'^{dir}_K = U^{dir}_K + \Delta U'^{dir}_K \tag{9'}$$

$$U'^{inv}_K = U^{inv}_K + \Delta U'^{inv}_K = \Delta U'^{inv}_K \tag{9''}$$

$$U'^{hom}_K = U^{hom}_K + \Delta U'^{hom}_K = \Delta U'^{hom}_K \tag{9'''}$$

$$U'^{(R)}_K = U'^{dir}_K + U'^{inv}_K + U'^{hom}_K \tag{10}$$

Regimul incremental ce simulează efectul scurtcircuitului monofazic în nodul K pe faza R este realizat prin injectori de curenți introduși în nodurile: $K^{dir.}, O^{dir.}, K^{inv.}, O^{inv.}, K^{hom.}, O^{hom.}$, de o asemenea mărime și sens încît să se realizeze condițiile de graniță specifice condițiilor de defect :

$$U''^{(K)}_K = 0 \tag{11}$$

$$I^{dir.}_K = I^{inv.}_K = I^{hom.}_K \tag{12}$$

— Se determină un model redus al rețelei echivalente formate din subrețelele de secvență puse în paralel între nodurile i și $j + 1$; acest model redus consideră rețeaua examinată din bornele $K^{dir.}, O^{dir.}, K^{inv.}, O^{inv.}, K^{hom.}, O^{hom.}$. Matricea nodală corespunzătoare $[Z']^{redus}_i$ se obține din hipermatricea $[Z']_i$ aplicînd asupra ei operatorii de „extragere” de coloane (notat cu „ ▷”) și de linii (notat cu „◁”).

$$[Z']^{redus}_i =$$
$$\{[K^{dir.}, O^{dir.}, K^{inv.}, O^{inv.}, K^{hom.}, O^{hom.}] \lhd [Z']_i \rhd [K^{dir.}, O^{dir.}, K^{inv.}, O^{inv.} K^{hom.}, O^{hom.}]\} \tag{13}$$

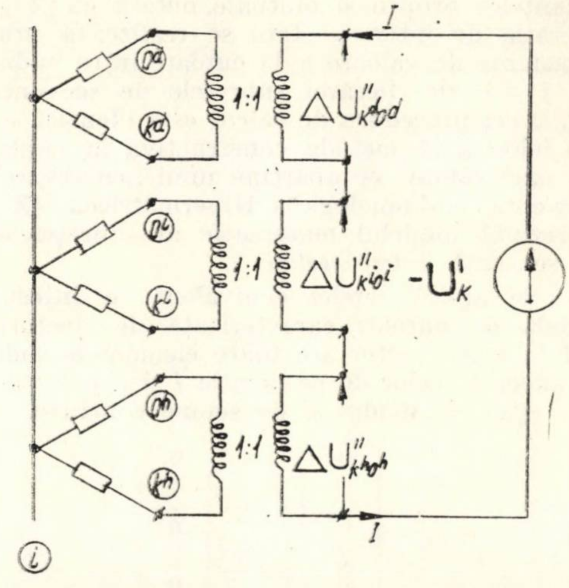


Fig. 3. Modelul redus al rețelei echivalente considerate din nodurile O^d, K^d O^i, K^i, O^h, K^h. Obs.: Impedanțele mutuale nu s-au figurat pentru a nu încărca desenul.

În figura 3 este reprezentat modelul redus al rețelei echivalente în raport cu bornele menționate. Matricea nodală redusă de dimensiunea 6 × 6 se postmultiplică cu vectorul unicoloană format din elemente ± 1 conform relației (14).

$$\begin{array}{c} O^{dir.}\ K^{dir.}\ O^{inv.}\ K^{inv.}\ O^{hom.}\ K^{hom.} \\ \boxed{\qquad [Z']^{redus}_i \qquad} \end{array} \begin{vmatrix} 1 \\ -1 \\ 1 \\ -1 \\ 1 \\ -1 \end{vmatrix} * I^K = \begin{vmatrix} \Delta U''_{0^d} \\ \Delta U''_{K^d} \\ \Delta U''_{0^i} \\ \Delta U''_{K^i} \\ \Delta U''_{0^h} \\ \Delta U''_{K^h} \end{vmatrix} \qquad (14]$$

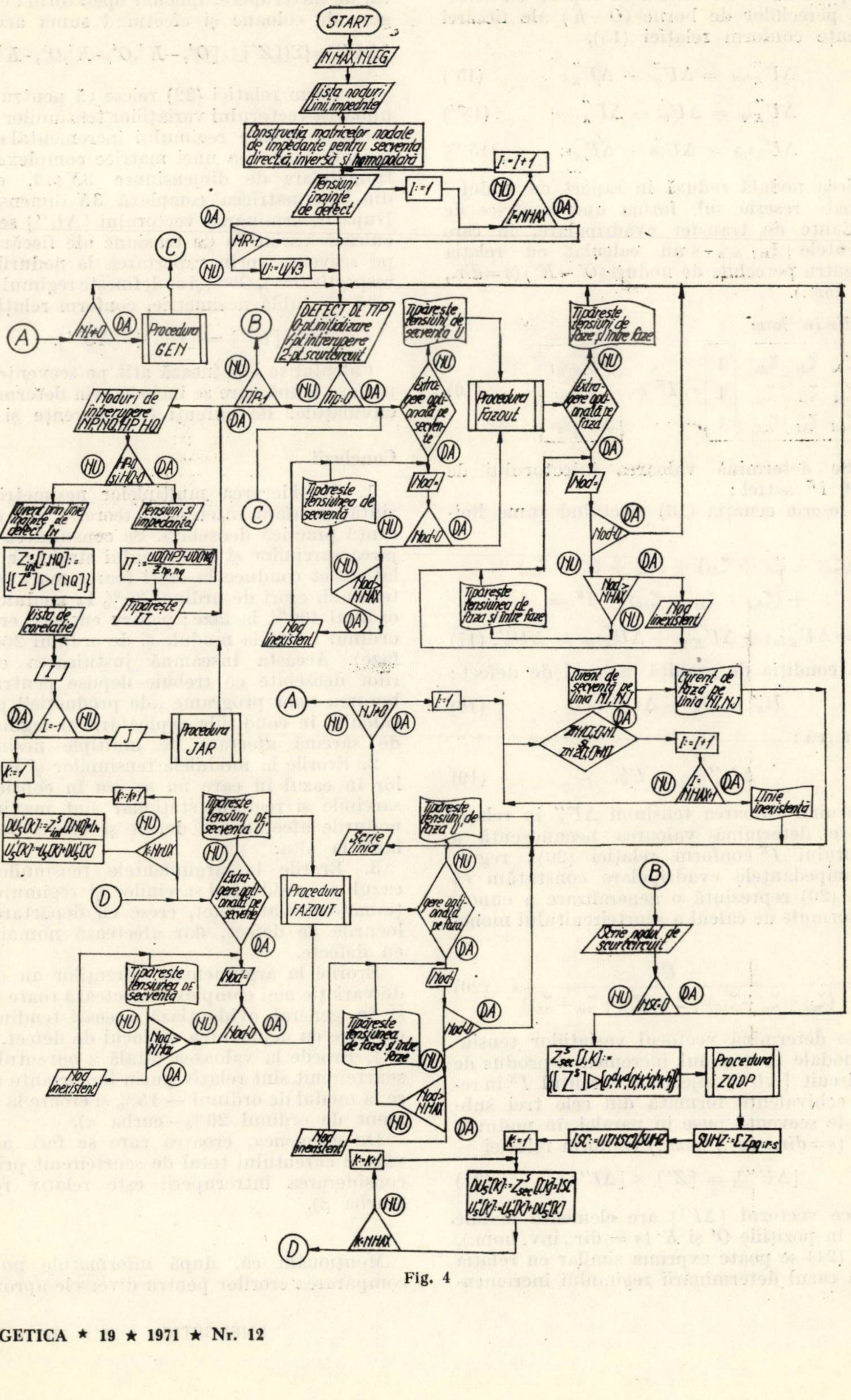

START
NMAX, NLEG
Lista noduri
Linii, impedante
Construcția matricelor nodale de impedanțe pentru secvența directă, inversă și homopolară
Tensiuni înainte de defect
I:=1
I:=I+1
I=NMAX
MR=1
U:=U/√3
C
A
NI≠0
Procedura GEN
B
DEFECT DE TIP
0-pt. inițializare
1-pt. întrerupere
2-pt. scurtcircuit
TIP=1
Tip=0
Noduri de întrerupere NP, NQ, HP, HQ
HP=0 și HQ=0
Curent prin linie înainte de defect IN
Tensiuni și impedanța
$Z^s_{int}[I,NQ]:=\{[Z^s]\triangleright[NQ]\}$
$IT:=\frac{UD[NP]-UD[NQ]}{Z_{np,nq}}$
Tipărește IT
Lista de corelatie
I
I=-1
J
Procedura JAR
K:=1
K:=K+1
$DU'_S[K]:=Z^S_{int}[K,NQ]\cdot I_N$
$U'_S[K]:=U_S[K]+DU'_S[K]$
K=NMAX
D
Tipărește tensiuni de secvența U'
Extragere opțională pe secvențe
Tipărește tensiunea de secvență
Nod=
Nod=0
Nod>NMAX
Nod inexistent
Procedura FAZOUT
Tipărește tensiunea de fază și între faze
Extragere opțională pe fază
K=NMAX
NJ≠0
Scrie linia
Tipărește tensiuni de fază U'
Tipărește tensiuni de secvența U
Procedura Fazout
Tipărește tensiuni de faze și între faze
Extragere opțională pe fază
Tipărește tensiunea de faza și între faze
Curent de secvență pe linia NI, NJ
Curent de fază pe linia NI, NJ
ZNI[I,1]=NI și ZNI[I,2]=NJ
I=NMAX+1
Linie inexistentă
Scrie nodul de scurtcircuit
NSC=0
$Z^S_{sec}[I,K]:=\{[Z^S]\triangleright[0^d,K^d,0^i,K^i,0^h,K^h]\}$
Procedura ZQDP
$SUMZ:=\sum Z_{pq;r\text{-}s}$
ISC:=U[NSC]/SUMZ
$DU^n_S[K]:=Z^S_{sec}[I,K]\cdot ISC$
$U^n_S[K]:=U'_S[K]+DU^n_S[K]$
DA
NU

Fig. 4

Exprimînd acest sistem în raport cu tensiunile perechilor de borne ($O-K$) ale fiecărei secvențe conform relației (15),

$$\Delta U''_{K^d0^d} = \Delta U''_{0^d} - \Delta U''_{K^d} \qquad (15')$$

$$\Delta U''_{K^i0^i} = \Delta U''_{0^i} - \Delta U''_{K^i} \qquad (15'')$$

$$\Delta U''_{K^h0^h} = \Delta U''_{0^h} - \Delta U''_{K^h}, \qquad (15''')$$

matricea nodală redusă în raport cu nodul i se poate rescrie sub forma unei matrice de impedanțe de transfer cvadripolare, în care elementele $\xi_{k,l;m,n}$ s-au calculat cu relația (3) pentru perechile de noduri (O^s-K^s) ($s=dir.$, $inv.$, $hom.$).

$$\begin{array}{ccc} dir & inv & hom \\ \hline \zeta_{dd} & \zeta_{di} & \zeta_{dh} \\ \zeta_{id} & \zeta_{ii} & \zeta_{ih} \\ \zeta_{hd} & \zeta_{hi} & \zeta_{hh} \end{array} \left|\begin{matrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{matrix}\right| * I^K = \left|\begin{matrix} \Delta U''_{K^d0^d} \\ \Delta U''_{K^i0^i} \\ \Delta U''_{K^h0^h} \end{matrix}\right| \qquad (16)$$

— Se determină valoarea injectorului de curent I^K astfel:

Se rescrie ecuația (16) efectuînd suma liniilor;

$$[(\zeta_{dd} + \zeta_{di} + \zeta_{dh}) + (\zeta_{id} + \zeta_{ii} + \zeta_{ih}) + $$
$$+ (\zeta_{hd} + \zeta_{hi} + \zeta_{hh})] * \mathrm{I}^K =$$
$$= \Delta U''_{K^d0^d} + \Delta U''_{K^i0^i} + \Delta U''_{K^h0^h} = \Delta U''_K. \qquad (17)$$

Din condiția de graniță la locul de defect:

$$U''_K = U'_K + \Delta U''_K = 0 \qquad (18)$$

rezultă că:

$$\Delta U''_K = - U'_K. \qquad (19)$$

Înlocuind valoarea tensiunii $\Delta U''_K$ în relația (17), se determină valoarea necunoscută a injectorului I^K conform relației (20); regrupînd impedanțele cvadripolare constatăm că relația (20) reprezintă o generalizare a cunoscutei formule de calcul a scurtcircuitului monofazic:

$$I^K_{d,i,h} = \frac{-U'_K}{(\zeta_{dd}+\zeta_{ii}+\zeta_{hh})+2 \times (\zeta_{di}+\zeta_{ih}+\zeta_{hd})}. \qquad (20)$$

— Se determină vectorul variațiilor tensiunilor nodale în regimul incremental produs de scurtcircuit $[\Delta U'']$ injectînd curentul I^K în rețeaua echivalentă formată din cele trei subrețele de secvență puse în paralel, în nodurile O^s, K^s ($s=dir.$, $inv.$, $hom.$,) conform relației

$$[\Delta U'']_i = [Z']_i \times [\Delta I'']; \qquad (21)$$

deoarece vectorul $[\Delta I'']$ are elemente nenule numai în pozițiile O^s și K^s (s = dir., inv. hom.), relația (21) se poate exprima similar cu relația (7) din cazul determinării regimului incremental de întrerupere, aplicînd operatorul de extragere de coloane și efectuînd suma acestora:

$$[\Delta U''] = \{\Sigma([Z']_i \triangleright [O^d, -K^d, O^i, -K^i, O^h, -K^h])\} * I^K. \qquad (22)$$

Conform relației (22) reiese că pentru determinarea vectorului variațiilor tensiunilor nodale corespunzătoare regimului incremental este suficientă reținerea unei matrice complexe dreptunghiulare de dimensiunea $3N \times 6$, extrasă din hipermatricea complexă $3N$ dimensională. După determinarea vectorului $[\Delta U'']$ se recalculează variațiile de tensiune ale fiecărui nod pe secvențe (prin raportarea la nodurile $O^{dir.}$, respectiv $O^{inv.}$), $O^{hom.}$, și se definește regimul de sarcină cu dublă nesimetrie, conform relației:

$$[U''] = [U'] + [\Delta U'']. \qquad (23)$$

Calculul se efectuează atît pe secvențe cît și pe faze, după care se încheie prin determinarea circulațiilor de curenți (pe secvențe și faze).

Concluzii

1. Considerarea multiplelor nesimetrii prezintă, în afara interesului teoretic, și o importanță practică deosebită. Se constată că neglijarea sarcinilor și a regimului staționar calculat exact conduce la erori foarte mari (pentru tensiuni, erori de ordinul 30% la module și de ordinul 400% la faze; pentru curenți, erori de ordinul 100% la module și de ordinul 200% la faze). Aceasta înseamnă justificarea eforturilor deosebite ce trebuie depuse pentru elaborarea unor programe „de producție" pentru calculul în condițiile exploatării al regimurilor de sarcină afectate de multiple nesimetrii.

2. Erorile la modulele tensiunilor și curenților în cazul în care nu se iau în considerare sarcinile și regimul staționar sînt maxime la nodurile afectate de defect și diferă de la o fază la alta.

3. Erorile la argumentele tensiunilor, în cazul neconsiderării sarcinilor și regimului staționar calculat exact, cresc cu depărtarea de locurile de defect, dar afectează numai faza cu defecte.

Erorile la argumentele curenților au o lege de variație mai complexă, afectează toate fazele și în general evidențiază aceeași tendință de creștere cu depărtarea de locul de defect.

4. Erorile la valoarea totală a curentului de scurtcircuit sînt relativ puțin importante (eroare la modul de ordinul — 15% și eroare la argument de ordinul 20% — curba α).

De asemenea, eroarea care se face asupra valorii curentului total de scurtcircuit prin neconsiderarea întreruperii este relativ redusă (curba β).

*

Menționăm că, după informațiile noastre, compararea erorilor pentru diversele aproxima-

A	Regimul cu întrerupere și scurtcircuit cu sarcini reprezentate	
U_1^R	.00000000	.00000000
U_1^S	147.50240	−125.77754
U_1^T	127.17539	127.60245
U_2^R	101.77563	−20.508494
U_2^S	115.40350	−132.69137
U_2^T	112.92847	106.27613
U_4^R	126.26110	.12153851
U_4^S	134.16310	−119.26942
U_4^T	131.89308	118.33017
U_8^R	19.670841	45.394062
U_8^S	115.40350	−132.69137
U_8^T	112.92847	106.27613
I_{1-8}^R	.00000011	−78.269570
I_{1-8}^S	.41772877	−153.38321
I_{1-8}^T	.63240741	89.803192
I_{2-3}^R	.52028130	150.52434
I_{2-3}^S	.34182798	30.582559
I_{2-3}^T	.31791642	−79.310887
I_{3-4}^R	.60774743	156.51598
I_{3-4}^S	.55979212	31.584099
I_{3-4}^T	.51259216	−83.934998
I_{4-5}^R	.19585020	−72.137826
I_{4-5}^S	.08511988	177.80701
I_{4-5}^T	.16210834	81.673817
I_{5-6}^R	.53800297	−101.56720
I_{5-6}^S	.28960576	73.715553
I_{5-6}^T	.14501012	75.080514
I_{6-7}^R	1.3443897	−81.342685
I_{6-7}^S	.33888865	121.77648
I_{6-7}^T	.61741368	87.724937
I_{7-1}^R	1.7492950	−88.136699
I_{7-1}^S	1.2457434	132.54603
I_{7-1}^T	.22602344	22.892968
I_{sc}	3.3667	-73.8

ții de calcul al multiplelor nesimetrii nu a făcut pînă în prezent obiectul vreunui studiu în literatura de specialitate. Lucrarea de față este o primă abordare a acestei probleme, care, deși complexă, este foarte utilă pentru practica exploatării.

ANEXA 1

Scurtă descriere a programului REGNES*)

Programul REGNES este scris în limbajul ALGOL și ocupă aproximativ 9000 adrese.

Pentru un exemplu de calcul efectuat cu o rețea de 23 noduri în care au survenit două defecte, se constată următorii timpi de lucru

— timp de calcul	2 min
— timp de manipulare	2 min
— timp de extragere	3 min
total: circa	7 min

Programul are la bază 24 de proceduri cu următoarele funcțiuni mai importante:

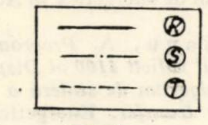
1. Introducerea masivelor de date în memorie.
2. Operații scalare în complex.
3. Transformarea Stokvis-Fortescue.
4. Transformarea coordonatelor rectangulare în coordonate polare pentru mărimi complexe.
5. Schimbarea nodului de referință pentru matricea nodală a impedanțelor proprii și de transfer.
6. Corelarea structurilor topologice diferite ale secvențelor directă și homopolară ale rețelei.
7. Extragerea opțională a rezultatelor.
8. Tipizarea formatelor de extragere.

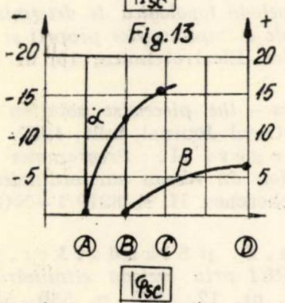
Se continuă perfecționarea programului în următoarele direcții.

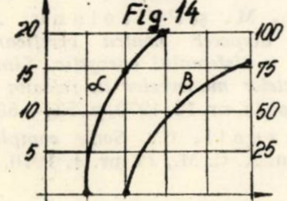
1. Extragerea programului la un număr mare de noduri prin utilizarea fișierelor de bandă magnetică.
2. Introducerea unui algoritm de sinteză a matricei nodale a impedanțelor proprii și de transfer pentru actualizarea masivelor de date de pe fișierul de bandă magnetică în cazul în care nesimetriile modifică topologia rețelei.

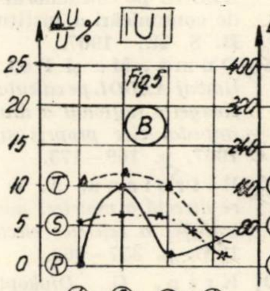
---

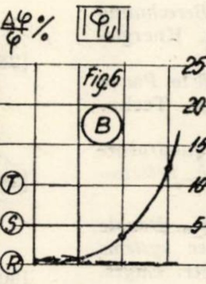
*) Schema logică de calcul este reprezentată în figura 4.

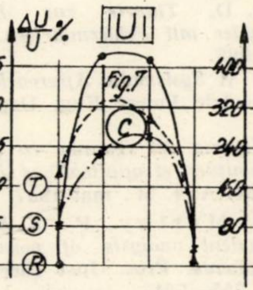


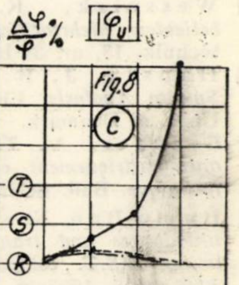


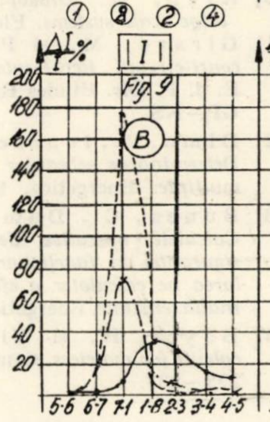


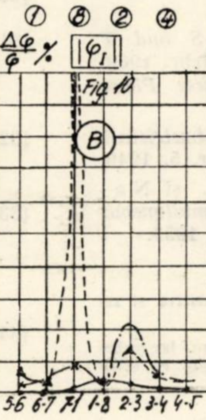


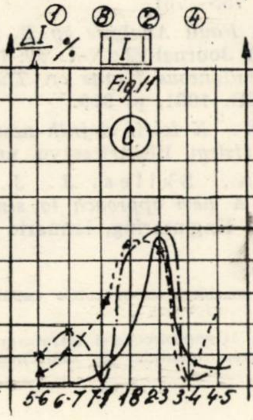


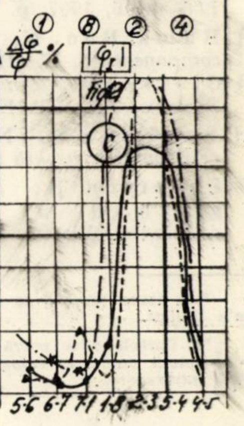












ANEXA 2

Precizarea erorilor efectuate la calculul dublei nesimetrii în diverse aproximații de considerare a rețelei și a regimului staționar

Pentru un scurtcircuit și o întrerupere pe faza *R* la capetele opuse ale unei linii de 220 kV au fost studiate următoarele cazuri :

A. Se consideră regimul staționar calculat exact și sînt introduse sarcinile (diferite în schema directă față de schema inversă*)).

B. Se consideră numai regimul staționar calculat exact.

C. Nu se consideră regimul anterior de sarcină (toate tensiunile nodale sînt egale în modul și fază).

D. Scurtcircuit monofazic în rețeaua în care se consideră numai regimul staționar calculat exact (nu sînt introduse sarcinile).

S-a considerat drept etalon pentru aprecierea erorilor cazul *A*, pentru care s-au dat explicit valorile în modul și fază ale tensiunilor nodale și ale curenților pe liniile de buclă, după cum se vede în tabelul 1.

Ultimul rînd al acestui tabel reprezintă modulul și faza curentului de scurtcircuit monofazat din cazul-etalon.

Graficele din figurile 5 — 14 prezintă în mod sintetic erorile relative ce se fac la calculul tensiunilor și curenților în condiții de funcționare aproximativ uzuale, din cazurile *B* și *C***).

Bibliografie

[1] Sokolov, N. I. *Postroenie i primenenie kompleksnih shem zameșceniia pri slojnih nesimetricinih țepiah.* Elektricestvo, nr. 8, 1949.

[2] Puhov, G. E.: și Borkovskaia, V. N. *K rașciotu triohfaznih țepei s proizvolnim cislom korotkih zamikanii i razrivov faz.* Elektricestvo, nr. 5, 1955.

[3] Satarov, A. V. *Rașciot korotkovo zamikaniia pri prodolnoi nesimetrii.* Elektricestvo, nr. 3, 1956.

[4] Kostanian, G. G. *Rașciott korotkih zamikanii v sistemah s nepolonfaznoi peredacei.* Elektricestvo, nr. 2, 1948.

[5] Gorbatov, N. M. *K rașciotu «triohfaznih țepei s proizvolnim cislom nesimetricinih korotkih zamikanii i razrivov faz.* Elektricestvo, nr. 7, 1958.

[6] Dommel, H. *Die Berechnung von Leitungsunterbrechungen bei gleichzeitigen Kurzschluss.* Arch. f. Electrotechn. 49, nr. 2, 1964.

[7] Wessnigk, K. D. *Theorie zur Berechnung beliebiger Mehrfachfehler mit Fehlermatrizen.* Energietechnik, 18, nr. 3, 1968.

[8] Hansen, J. R. *A Systematic Approach to Power System Analysis.* Electric Power Eng. Dept. Techn. Univ. of Denmark.

[9] Calvaer, A. *Théorie des réseaux en quadrature antisymétriquement couplés et applications à l'électrotechnique.* Bull. Scient. A. I. M., mai 1957.

[10] Rama Rao, N. și Murthy, P. S.R. *Double unbalances and transient analysis of power systems using R.S.T. components.* Proc. Inst Electr. Engrs, *114*, nr. 6, 1967, p. 755—761.

[11] Rama Rao, N. *Fault Analysis by R, S and T components.* I. E. (I) Journal-El : vol. *49*, febr. 1969.

[12] Clarke, E. *Simultaneous Faults on Three Phase Systems.* Trans. AIEE, 1931, p. 919.

[13] Șcedrin, N. N. *K teorii slojnih nesimetricinih rejimov elektriceskih sistem.* Elektricestvo, nr. 5, 1946,

[14] Peterson H. A., Skiles, J. J. și Nagrath, J. J. *A new approach to simultaneous unbalances.* Electrical Engineering, ianuarie 1957.

[15] Adonț, G. T. *K teorii slojnih nesimetricinih rejimov elektriceskih sistem.* Elektricestvo, nr. 9, 1951.

[16/ Leonte, D. și Petroianu, A. *O abordare pas cu pas a analizei defectelor multiple.* Studii și cercetări de energetică și electrotehnică, nr. 3, 1971, p. 615—628.

[17] Bercovici, M. Arie, A. și Tudose, M. *Aspecte ale aplicării teoriei componentelor simetrice în analiza sistemelor nesimetrice ale rețelelor electrice.* Simpozionul de analiză și sinteză a rețelelor electrice, vol. II, București, 1967.

[18] Bercovici, M. și Arie, A. *Aplicarea unor operatori de ortogonalitate pentru determinarea defectelor nete simetrice multiple în rețelele electrice.* Studii și cercetări de energetică și electrotehnică, nr. 2, 1968.

[19] Bercovici, M., Arie A. și Tudose, M. *Aspecte privind aplicarea teoriei componentelor simetrice în analiza regimurilor nesimetrice ale rețelelor electrice.* Bul. Inst. politehnic București, vol. XXIX, nr. 4, p. 101—131.

[20] Arie, A., Petroianu, A., Făinaru, B. și Gheorghiu, D. *Une méthode pour le calcul des défauts nets multiples des réseaux eléctriques.* Bul. ISPE, XIII, nr. 2, 1970, p. 57—94.

[21] Potolea, E. *Aplicarea teoriei grafului la studiul rețelelor trifazate nesimetrice.* Studii și cercetări de energetică și electrotehnică, nr. 2, 1969, p. 337—356.

[22] Luc, R. *Digital calculation of simultaneous faults in electrical networks.* Bul. ISPE, XIII, nr. 2, 1970, p. 95—123.

[23] Laughton, M. A. *Thévénin and Norton Theorems-Generalizations and Dualities with Particular Reference to the Analysis of Simultaneous Faults.* Rap. N. A. 11, PSCC — Roma, 1969, p. 1—14.

[24] Cernin, A. B. *Vicislenie elektriceskih velicin i povedenie releinoi zascití pri nepolnofaznih rejimah v elektriceskih sistemah.* Gosenergoizdat, 1963.

[25] Gaussens, P., Pardigon, J., Augès, P. și Augés, J. *L'évolution des méthodes de calcul des réseaux maillés liés à l'utilisation des machines arithmétiques.* Bull. Soc. Fr. Electr. nr. 16, 1961.

[26] El-Abiad, A. H. *Algorithms for direct computation and modification of solution (inverted) matrices of network including mutual impedances.* PICA Conference, 1963, p. 150—166.

[27] Petroianu, A. *Prezentarea unui algoritm de sinteză a matricei nodale a impedanțelor proprii și reciproce. Programarea acestui algoritm în limbajul automat ALGOL pe calculatorul Elliott 4120.* A XIII-a Sesiune de comunicări a Institutului de energetică al Academiei R. S. R., 1967.

[28] Duma, M. și Petroianu, A. *Programarea în limbaj ALGOL pe calculatorul Elliott 4100 al Dispecerului energetic național a unui algoritm de sinteză a matricei impedanțelor proprii și de transfer.* Energetica, nr. 4 1967, p. 169—173.

[29] Petroianu, A. *O metodă topologică de determinare directă a matricei nodale a impedanțelor proprii și de transfer a rețelelor electrice.* Electrotehnica, 15, nr. 10, 1967, p. 357—363.

[30] Kron, G. *Diakoptics — the piecewise solution of large scale systems.* Electrical Journal, iulie, 1957.

[31] Girard, M. şi Pioger, M. *Programmes de court-circuit. Représentation du réseau sur ordinateur.* E. d. F. Dir. Etudes Recherches. H. R./8319/1—NG—GP—NS.

[32] Dimo, P., Ionescu, Ś. și Staadecker, M. *Determinarea schemelor REI prin metoda eliminărilor multiple.* Energetica, 15, nr. 12, 1967, p. 550—555.

[33] Bunea, C., Duma, M. și Petroianu, A. *Calculele operative de dispecer pentru verificarea siguranței în funcționare a sistemului energetic. Simularea pe calculator a efectelor manevrelor în rețeaua de înaltă tensiune.* Energetica, *18*, nr. 12, 1970, p. 527—533.

[34] Bayer, R. și Witzgall, C. *Some complete calculi for matrices.* Comm. A. C. M., *13*, nr. 4, 1970, p. 223—237.

---

*) În toate cazurile se consideră susceptanțele capacitive și rezistența liniilor.

**) Curbele α se referă la scurtcircuite și întrerupere, iar curbele β se referă numai la valoarea curentului de scurtcircuit în schema fără întrerupere.

[35] Petroianu, A. *Sinteza matricei nodale a impedanţelor proprii şi mutuale folosind variabile ale ecuaţiilor circuitelor închise şi deschise cu utilizarea calculatorului electronic cifric.* Simpozionul Academiei R. S. R. de analiza şi sinteza reţelelor electrice, Bucureşti, 1967.
[36] Petroianu, A. *Metodă ortogonală pentru determinarea matricei impedanţelor proprii şi de transfer a reţelelor electrice folosind calculatoare electronice cifrice.* Studii şi cercetări în energetică şi electrotehnică, 17, nr. 2, 1967, p. 429–444.
[37] Dimo, P. *Les solutions des équivalents REI du réseau entier.* Rev. roum. Sci. Techn. Electrotechn. et Energetique *9*, nr. 2, 1964.
[38] Aric, A., Leonte, D. şi Petroianu, A *Sinteza matricei de ortogonalitate* [D] *şi a matricei hibride* [*M*] *din metoda vectorilor ortogonali aplicată în determinarea unor nesimetrii multiple.* Program şi exemple de calcul (l. franceză). Bul. ISPE, An. XIII, nr.3, 1970, p. 75–113.
[39] Petroianu, A. *Discuţie.* IEEE Trans. Pwr. App. Systems, vol. PAS–90, May/June, 1971, nr. 3, p. 957–958.

(Articol intrat în redacţie la 6 iulie 1971)

Consideraţii asupra întinderii conductoarelor liniilor electrice aeriene

Ing. Gh. Nicolau*,

Dimensionarea din punctul de vedere mecanic a unei linii electrice aeriene, în general, şi a conductoarelor, în special, este o problemă complexă, deoarece funcţionarea LEA trebuie să corespundă atît solicitărilor mecanice de durată cît şi solicitărilor dinamice (vibraţii, galopări, pendulări, descărcare bruscă de chiciură), electrice şi termice (eforturi electrodinamice şi încălziri în regim de scurtcircuit).

Introducerea tehnicii moderne de calcul dă posibilitatea îmbunătăţirii modelelor matematice care descriu aceste fenomene. În acest sens, ridicarea experimentală a caracteristicii de material pentru conductoarele de producţie internă (variaţia efortului unitar, σ, în funcţie de alungirea specifică, ε) face necesară şi posibilă corectarea actualei metode de dimensionare a conductoarelor faţă de sarcinile mecanice de durată.

În acest articol, autorul îşi propune să dea o metodă analitică de dimensionare, să indice un mod operativ de calcul (folosind calculatoare electronice numerice de capacitate mică) şi să comenteze corecţiile ce se introduc prin metoda propusă, pentru cazul concret al LEA de 110 kV.

Stabilirea ecuaţiilor de stare

În figura 1 este redată curba $\sigma = f(\varepsilon)$. Se consideră un conductor care nu a mai fost solicitat de sarcini mecanice (luat din fabrică), supus unei probe de întindere. La prima încărcare conductorul trece din punctul *1* în punctul *2* pe „curba de încărcare".

Micşorînd tracţiunea, descărcarea se va face pînă în punctul *3* pe „curba de descărcare" (aproximativ, o dreaptă). La o nouă mărire a tracţiunii se parcurge „curba de descărcare", în sens invers, pînă în punctul *2* şi, în cazul depăşirii efortului σ_2, în continuare pe curba de încărcare, pînă în punctul *4*. O nouă descărcare se face pînă în punctul *5*, cu observaţia că dreptele *2–3* şi *4–5* sînt aproximativ paralele.

Acest mod de comportare a conductorului a fost demonstrat experimental [2].

Consideraţiile ce se vor face în continuare presupun conductorul flexibil şi neextensibil (extensibilitatea şi rigiditatea duc la erori de calcul cu totul neglijabile [1]). Pentru simplificare, se va considera cazul unui panou de întindere cu deschideri egale şi puncte de suspensie la acelaşi nivel.

Considerînd două stări oarecare, corespunzătoare punctelor *1* şi *2* (fig. 1), alungirea, dedusă din curbele geometrice ale conductorului, este [1]:

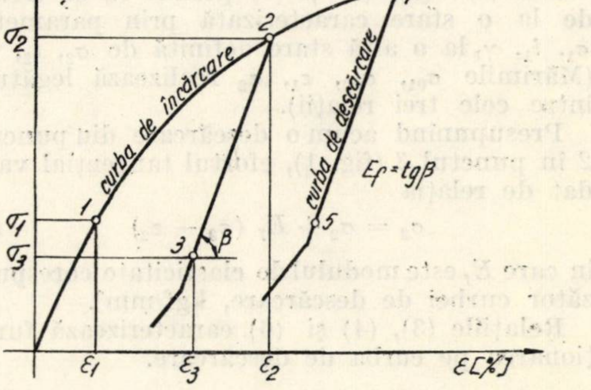


Fig. 1

$$\Delta L = \frac{d_0^3}{24}\left(\frac{\gamma_1^2}{\sigma_{01}^2} - \frac{\gamma_2^2}{\sigma_{02}^2}\right) \qquad (1)$$

în care

d_0 este deschiderea între stîlpi, m;

γ, γ_2 – sarcina specifică totală în starea 1, respectiv în starea 2, kgf/m.mm²;

---

*) Ing. Gheorghe Nicolau lucrează la Atelierul de proiectare al IREB.

σ_{01}, σ_{02} — eforturile unitare orizontale corespunzătoare celor două stări, kgf/mm².

Alungirea, datorată variației de temperatură și sarcină între cele două stări, rezultă din :

$$\Delta L = d_0\,[(t_1 - t_2)\cdot\alpha_c + \varepsilon_1 - \varepsilon_2] \qquad (2)$$

în care

t_1, t_2 reprezintă temperatura în starea 1, respectiv starea 2, °C ;

ε_1, ε_2 — alungirea specifică corespunzătoare celor două stări ;

α_c — coeficientul de dilatare termică a conductorului, 1/°C.

Egalînd relația (1) cu relația (2), rezultă că

$$(t_1 - t_2)\cdot\alpha_c + \varepsilon_1 - \varepsilon_2 = \frac{d_0^2}{24}\left(\frac{\gamma_1^2}{\sigma_{01}^2} - \frac{\gamma_2^2}{\sigma_{02}^2}\right) \qquad (3)$$

Legătura între efortul orizontal și cel tangențial este dat de relația [1] :

$$\sigma_0^2 - \sigma\cdot\sigma_0 + \frac{1}{8}\,d_0^2\,\gamma^2 = 0 \qquad (4)$$

Curba de încărcare (fig. 1) poate fi aproximată printr-o curbă polinominală de tipul :

$$\sigma = a_0\,\varepsilon^n + a_1\,\varepsilon^{n-1} + \ldots + a_i\,\varepsilon^{n-i} + \ldots + a_{n-1}\,\varepsilon + a_n \qquad (5)$$

Coeficienții $a_0, a_1 \ldots a_n$ se deduc din condiția ca n puncte (ridicate experimental) să se găsească pe curbă.

Numărul de puncte este limitat de gradul de precizie cu care dorim să obținem rezultatul.

Relațiile (3), (4) și (5) permit să se treacă de la o stare caracterizată prin parametrii σ_1, t_1, γ_1 la o altă stare definită de σ_2, t_2, γ_2. (Mărimile σ_{01}, σ_{02}, ε_1, ε_2 realizează legătura între cele trei relații).

Presupunînd acum o descărcare din punctul *2* în punctul *3* (fig. 1), efortul tangențial va fi dat de relația

$$\sigma_3 = \sigma_2 + E_f\,(\varepsilon_3 - \varepsilon_2) \qquad (6)$$

în care E_f este modulul de elasticitate corespunzător curbei de descărcare, kgf/mm².

Relațiile (3), (4) și (6) caracterizează funcționarea pe curba de descărcare.

Rezolvarea ecuațiilor de stare

Pentru cazul funcționării pe „curba de încărcare", problema se rezolvă după cum urmează :

— se stabilește forma relației (5) ;

— se evidențiază datele problemei : d_0, γ_1, σ_{01}, γ_2, t_1, t_2, α_c ;

— se determină σ_1 cu formula (4) și ε_1 cu formula (5) ;

— pentru determinarea mărimilor σ_{02} (eventual σ_2, ε_2) se folosește o metodă de aproximații succesive, astfel : se consideră valoarea $\sigma_{02} = \sigma'_{02}$ și, din ecuația (3), se determină $\varepsilon_2 = \varepsilon'_2$, care, introdusă în relația (5), permite calculul lui $\sigma_2 = \sigma'_2$. Din relația (4) rezultă σ''_{02} Dacă $\sigma''_{02} < \sigma'_{52}$, se reia calculul majorînd σ'_{02} (dacă $\sigma''_{02} > \sigma'_{02}$, se micșorează valoarea σ'_{02}. Calculul se continuă pînă cînd

$$|\,\sigma''_{02} - \sigma'_{02}\,| \leqslant \eta$$

în care η este eroarea absolută ce se comite asupra lui σ_{02}.

Soluția, după ultima iterație, este $\sigma_{02} = \sigma''_{02} \cong \sigma'_{02}$.

Acest mod de rezolvare comportă un volum mare de calcul, care poate fi efectuat cu o bună aproximație și în timp util, folosind mașini electronice de calcul de tip numeric*⁾.

Comportarea conductorului OL — Al 185 mm² de construcție normală

Pentru conductorul OL—Al 185 mm² s-a considerat caracteristica (plauzibilă) :

$\sigma = -0{,}215\ \varepsilon_0^2 + 5{,}469\ \varepsilon_0 - 1{,}851$; $\varepsilon_0 = 10^3\varepsilon$ (5')

$E_f = 7330$ kgf/mm²

Formulele (3), (4), (5) și (3), (4), (6) au fost programate pe un calculator de tip „Olivetti programma 101". (Caracteristicile programului sînt date în anexă).

Considerațiile ce se fac în continuare privesc mărimile :

f_m — săgeata realizată la montaj, pentru o linie nouă ;

f_e — săgeata obținută în exploatare după trecerea prin efortul maxim admisibil ;

f_c — săgeata care rezultă dintr-un calcul clasic (care nu ține seama de variația modulului de elasticitate) ;

f_{ce} — săgeata obținută în exploatarea corespunzătoare unei săgeți de montaj egală cu f_c.

Pentru conductorul OL—Al 185 mm² se dau în tabelul 1 valorile calculate pentru o deschidere de 180 m.

În figura 2 sînt reprezentate creșterile procentuale de săgeată între valorile de montaj și de exploatare. Din datele obținute rezultă următoarele :

— datorită diferenței de tracțiune ($\sigma_3 < \sigma_2$, fig. 1) se obține o creștere a săgeții în exploatare, avînd valori cuprinse între 7 % (pentru $d_0 = 220$ m) și 29 % (pentru $d_0 = 140$ m), pentru o întindere care ține seama de variația modulului de elasticitate ;

---

*⁾ O metodă grafoanalitică pentru rezolvarea problemei în acest mod a fost propusă de prof. A. Aric de la Institutul Politehnic București [2].

Tabela 1

t, °C	−30	−20	−10	−5	0	5	10	15	20	25	30	35	40	−5+ chiciură
f_m, m	4,286	4,472	4,678	4,781	4,888	4,981	5,088	5,180	5,275	5,370	5,457	5,558	5,644	—
f_e, m	4,896	5,106	5,295	5,391	5,471	5,576	5,673	5,765	5,859	5,942	6,058	6,136	6,216	6,321
f_c, m	4,954	5,157	5,354	5,450	5,545	5,640	5,732	5,823	5,915	6,004	6,091	6,178	6,265	6,328
f_{ce}, m	5,486	—	—	—	6,053	—	—	—	6,405	—	—	—	6,740	6,791

— diferenţele între săgeţile f_e, şi f_c, calculate în aceleaşi condiţii [3], sînt neimportante;

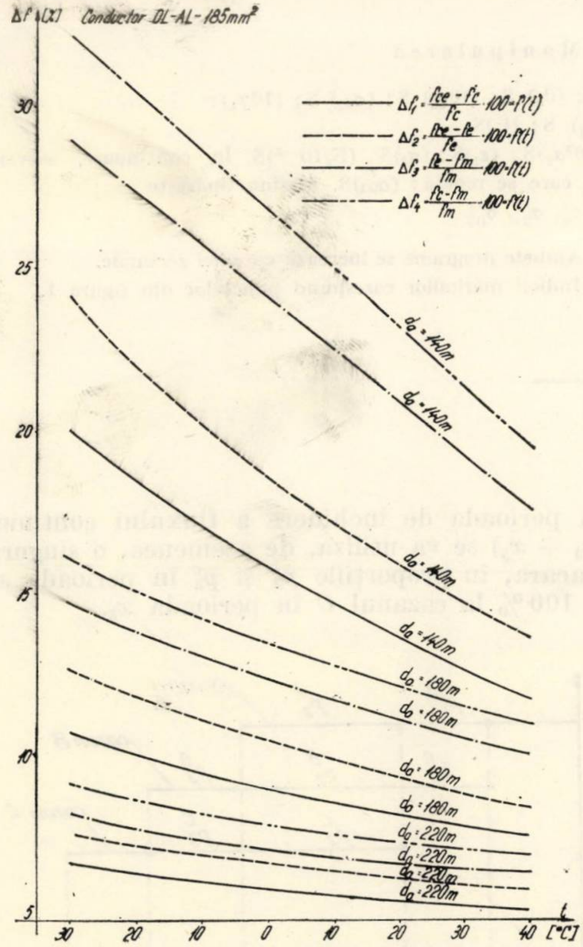


Fig. 2

— diferenţa între f_{ce} şi f_c este de 5÷20%;
— diferenţa între f_{ce} şi f_e este de 6÷24%;;
— diferenţa între f_c şi f_m de 7÷32%.

Observaţii

— Eroarea procentuală cu care se obţine săgeata pentru o scădere a efortului cu K (%) se poate calcula cu formula

$$\varepsilon = \frac{100 \cdot K}{100 - K}$$

Astfel, pentru o variaţie a efortului cu 5%, creşterea de săgeată este de 5,263%, valoarea cu care se majorează erorile deduse mai sus.

— Este natural ca, în timp, caracteristica $\sigma = f(\varepsilon)$ să se modifice în sensul creşterii alungirilor specifice (fig. 3), ceea ce ar duce la mărirea erorilor deduse mai sus.

Concluzii

— Variaţia modulului de elasticitate creează diferenţe între săgeata de montaj şi cea care se obţine în exploatare. Acest lucru impune diferenţierea, încă în faza de proiectare, între săgeata de montaj şi săgeata de exploatare.

Întrucît variaţia efortului unitar poate produce erori importante ale săgeţilor, este necesar ca producătorul conductorului să garanteze diagrama $\sigma = f(\varepsilon)$ cu o eroare sub 5% pentru σ.

— Folosirea calculatoarelor electronice numerice de mică capacitate (de tipul „Olivetti programma 101"), a căror utilizare nu necesită o pregătire specială, dă posibilitatea rezolvării problemei în condiţii de operativitate şi cu o mare precizie.

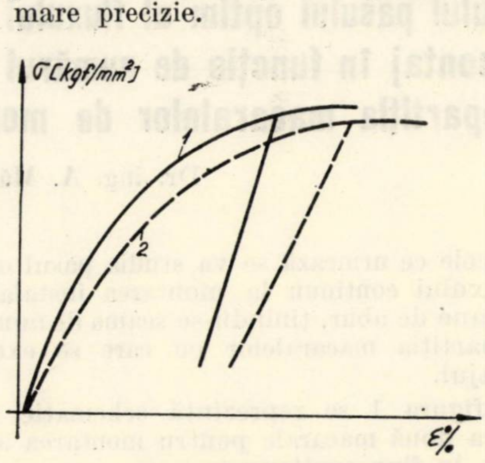


Fig. 3
1 – curbe de fabrică; 2 – curba după n ani.

O rezolvare comodă se poate obţine folosind calculatoare cu programare automată, cu condiţia automatizării procesului de iteraţie descris mai sus.

Bibliografie

[1] Bercovici, M. şi Arie A. *Reţele electrice — Calculul mecanic.* Editura tehnică, Bucureşti, 1963.
[2] R. G. E. nr. 11, 1969, vol. 78, p. 1071—1080.
[3] * * * 1L—1—67. *Normativ petru construcţia liniilor aeriene de energie electrică peste 1000 V.* O. D. P. T., Bucureşti, 1967.

Anexă

Program de calcul al tabelelor de săgeți pentru conductoare OL–Al 185 mm² cu ajutorul calculatorului „Olivetti programma 101"

Programarea formulelor (3) (4) și (5)

Instrucțiunile programului

```
AV ;S ; ↓ ; B ↑ ;S ; x ;S ;: ;Ax ; S ;B ↕ ;x ;C ↕ ;S ;↓ ;S ;– ;S ;x ;
S ;+ ;B ↕ ;A/↑ ;R+ ;D/ ↑ ;: ;B/ ↑ ;A+ ;B ↓ ;– ;B ↕ ;W ;AW ;
S ;C ↓ ;: , Ax ; B/: ; B+ ; A◇ ;C/ ↕ ;A/ ↑ ;F– ; F ↓ ; F ↑ ; E/S ;
↓ ;C/x ;A/ ↑ ;R* ;Rx ;R+ ;D/– ;+ ;C/x ;A/ ↑ ;F ↓ ;F – ;F◇ ;
E/ ↓ ;+ ;A◇ ;Ax ;C/ ↕ ;C ↓ ;A/ ↑ ;R/S ;D ↓ ;: ;Ax ;A/ ↑ ;F– ;
E/S ;x ; C/+ ; AV ; C/ ↕ ; AV ; C/+ ;A/ ↑ ; D/ ↑ ;: ; A◇ ;/◇ ; W
```

Manipulare

V; (d_0m) S; (10 γ_1 ,kg/m. mm²)S; (σ_{01} .kg/mm²)
S; (10γ_2, kg/m. mm²) S; (t_1 °C) S; (t_2,°C)S;
(10^3 α_c 1/°C)S

(ε_1)S. În continuare, secvența care se repetă;
(σ_{02} kg/mm²) S.

Mașina tipărește: ε_2', σ_2'', σ_{02}''.

Programarea formulelor (3), (4), și (6).

Instrucțiunile programului

```
AV; S; ↓ ; B ↑ ;S; x; S;: ; Ax; S; B ↕ ; x;
C ↕ ; S; ↓ ; S;– ; S; x; S; C/ ↑ ;+ ;
B ↕ ; A/ ↑ ; R+ ; D/ ↑ ;: ; B/ ↑ ; A+ ;
B ↓ ;– ; B ↕ ;S; D/ ↑ ; S; D ↑ ; W;
AW; S; C ↓ ;: ; Ax; B/: ; B+ ; A◇ ;C/–
Dx; D/+ ;A◇ ; Ax; E/ ↕ ; C ↓ ; A/ ↑ ; R/S;
D ↓ ;: ; Ax; A/ ↑ ; F– ; E/S; x ;E/+ ; AV ;
E/ ↕ ; AV ; E/+ ; A/ ↑ ; D/ ↑ ;: ;A◇ ;/◇ ;
W.
```

Manipularea

V; (d_0) S; (10γ_2) S; (σ_{92}) S; (10γ_1);
(t_2) S; (t_1)S
($10^3\alpha_c$)S; (ε_2)S; (σ_2)S; ($E_f 10^{-3}$)S. În continuare, secvența care se repetă: (σ_{03}')S. Mașina tipărește
ε_3', σ_3'', σ_{03}''

Ambele programe se lucrează cu cinci zecimale.
Indicii mărimilor corespund punctelor din figura 1.

◆

Calculul pasului optim al fluxului de montaj în funcție de numărul și repartiția macaralelor de montaj

Dr. ing. A. Măcriș*)

În cele ce urmează se va studia pasul optim al fluxului continuu la montarea instalațiilor de cazane de abur, ținîndu-se seama de numărul și repartiția macaralelor cu care se execută montajul.

În figura 1 se reprezintă schematic utilizarea a două macarale pentru montarea a trei cazane în flux continuu.

În perioada de formare a fluxului ($x_1 + x_2$) se utilizează o macara, repartizată între cele două cazane, ca în figura 1, adică în perioada x_1 100 % la cazanul 1 și în perioada x_2 p_1^A % la cazanul 1 și p_1^B % la cazanul 2.

În perioada funcționării integrale în flux continuu, x_3, se utilizează două macarale, în proporțiile p_2^A %, p_2^B % și p_2^C % la cele trei cazane.

În perioada de închidere a fluxului continuu ($x_4 + x_5$) se va utiliza, de asemenea, o singură macara, în proporțiile p_3^B și p_3^C în perioada x_4 și 100 % la cazanul C în perioada x_5.

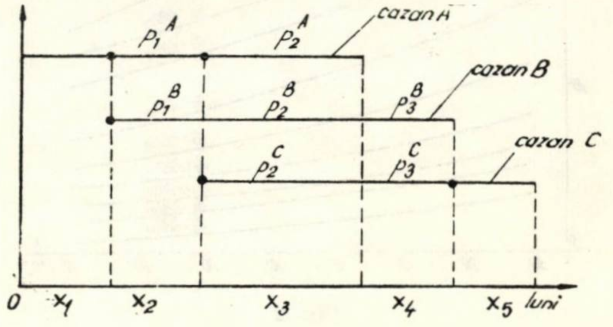


Fig. 1

Diferitele perioade de timp ale montării cazanelor x_1, x_2, x_3, x_4 și x_5, în care:

x_1 este perioada de timp dintre începerea montajului la cazanul 1 și începerea montajului la cazanul 2;

x_2 — idem, între cazanele 2 și 3;

x_3 — perioada de timp dintre începerea montajului cazanului 3 și terminarea montajului cazanului 1;

---

*) Dr. ing. Anatol Măcriș este directorul întreprinderii „Energomontaj"-București.

x_4 — perioada de timp dintre terminarea montajului cazanului 1 și terminarea montajului cazanului 2;
x_5 — idem, între cazanele 2 și 3,

variază în funcție de raportul dintre necesarul și existentul de macarale. Dacă se consideră necesarul de macarale la montajul unui cazan egal cu 0,75 macara — rezultat obținut în conformitate cu calculul efectuat pe baza teoriei așteptării și în care apare o inactivitate a macaralei de 0,25 — se pot scrie următoarele relații restrictive:

$$\frac{0{,}75}{1}\cdot x_1+\frac{0{,}75}{p_1^A}\cdot x_2+\frac{0{,}75}{p_2^A}\cdot x_3=t; \qquad (1)$$

$$\frac{0{,}75}{p_1^B}\cdot x_2+\frac{0{,}75}{p_2^B}\cdot x_3+\frac{0{,}75}{p_3^B}\cdot x_4=t; \qquad (2)$$

$$\frac{0{,}75}{p_2^C}\cdot x_3+\frac{0{,}75}{p_3^C}\cdot x_4+\frac{0{,}75}{1}\cdot x_5=t; \qquad (3)$$

în care t este durata normală de realizare a unui cazan; de exemplu, pentru tipurile curente de cazane din România $t = 14$, 16 sau 18 luni.

Funcția-criteriu ce urmează a fi minimizată este considerată în două variante:

a) Se consideră că cheltuielile C sînt proporționale cu numărul de cazane aflate în montaj în perioada corespunzătoare. Întrucît C reprezintă cheltuieli de cazare, de depozitare, de preasamblare, ele sînt cu atît mai mari cu cît numărul obiectelor ce se montează concomitent este mai mare.

$$\begin{aligned}(min)\,Z &= M(x_1+x_2+2x_3+x_4+x_5)+\\ &+R(x_1+x_2+x_3+x_4+x_5)+C(x_4+x_5)+\\ &+2C(x_2+x_4)+3Cx_3=(M+R+C)\cdot\\ &\cdot(x_1+x_5)+(M+R+2C)(x_2+x_4)+\\ &+(2M+R+3C)\cdot x_3.\end{aligned}$$

b) Pentru că modelul $a)$ nu este întru totul exact, existînd perioade de tranziție, s-a luat în considerare și varianta $b)$, în care în perioadele x_2 și x_4 s-a considerat că aceste cheltuieli sînt identice cu acelea din perioadele x_1 și x_5:

$$\begin{aligned}(min)\,Z &= M(x_1+x_2+2x_3+x_4+x_5)+\\ &+R(x_1+x_2+x_3+x_4+x_5)+\\ &+C(x_1+x_2+x_4+x_5)+3C\cdot x_3=\\ &=(M+R+C)(x_1+x_2+x_4+x_5)+\\ &+(2M+R+3C)\,x_3.\end{aligned}$$

În ambele variante:

x_1, x_2, x_3, x_4 și x_5 au semnificațiile expuse mai înainte;

M este costul lunar al mecanizării (chiria macaralei);
R — valoarea lunară a cotei de regie proporțională cu durata de execuție;
C — valoarea lunară a cheltuielilor, invers proporțională cu durata de execuție.

Minimul funcției Z trebuie să aibă loc în condițiile restrictive (1), (2), (3) și ale următoarelor relații:

$$x_1 \leqslant t; \qquad (5)$$

$$x_2 \leqslant t; \qquad (6)$$

care semnifică evitarea întreruperii fluxului de montaj. Evident cînd $x_1 = x_2 = t$, sîntem în prezența montajului succesiv.

Calculîndu-se minimul funcției Z prin metodele programării liniare, se obțin următoarele rezultate:

— În varianta $a)$:

— La începerea concomitentă a montajului:

$$x_1 = x_2 = x_4 = x_5 = 0;$$

$$x_3 = t;$$

$$Z_0 = (R + 2M + 3C)\cdot t.$$

— Cînd pasul crește pînă la valoarea $\frac{t}{2}$:

$$x_3 = 0;$$

$$x_1 = x_2 = x_3 = x_4 = \frac{t}{2};$$

$$\begin{aligned}Z_1 &= (M+R+C)\,2\frac{t}{2}+(M+R+2C)\,2\frac{t}{2}=\\ &=(2M+2R+3C)\,t.\end{aligned}$$

— Cînd pasul crește pînă la valoarea t:

$$x_1 = x_2 = x_5 = t;$$

$$x_3 = x_4 = 0;$$

$$\begin{aligned}Z_2\,(M+R+C)\,2t+(M+R+2C)\,t &=\\ =(3M+3R+4C)\,t.\end{aligned}$$

În toate cazurile, valoarea funcției Z crește o dată cu pasul fluxului de montaj. Prin urmare, cel mai economic este să se înceapă montajul concomitent al tuturor cazanelor.

Dar, din considerente tehnologice, nu se poate începe montajul concomitent și este indicat ca pasul să fie cît mai mic posibil, și anume mai mic decît $\frac{t}{2}$, practic pînă la ≈ 6 luni.

— În varianta $b)$:

— La începerea concomitentă a montajului:

$$x_1 = x_2 = x_4 = x_5 = 0;$$

$$x_3 = t;$$

$$Z_0' = (R + 2M + 3C)\,t.$$

— Cînd pasul este pînă la valoarea $\frac{t}{2}$:

$$x_3 = 0;$$

$$x_1 = x_2 = x_3 = x_4 = \frac{t}{2};$$

$$Z_1' = 2(R + M + C) \cdot t.$$

— Cînd pasul crește pînă la valoarea t:

$$x_1 = x_2 = x_5 = t;$$

$$x_3 = x_4 = 0;$$

$$Z_2' = 3(R + M + C)\, t.$$

În această variantă (*b*) valoarea funcției Z poate fi constantă în intervalul pasului $0 \to \frac{t}{2}$, în cazul în care:

$$(R + 2M + 3C)\, t = (R + M + C)\, 2t;$$

$$R + 2M + 3C = 2R + 2M + 2C;$$

$$R + 3C = 2R + 2C.$$

Această egalitate poate avea loc atunci cînd $R = C$, deci cheltuielile de regie și cheltuielile invers proporționale sînt egale în unitatea de timp.

În intervalul de la $\frac{t}{2} \to t$, funcția este crescătoare.

Pentru ca funcția Z să fie descrescătoare în intervalul pasului $0 \to \frac{t}{2}$, este necesar ca:

$$R + 3C > 2R + 2C;$$

$$R > C$$

Se constată că în varianta *b*), de îndată ce în intervalul x_3 se ia în considerare pentru C un factor mai mare decît 2, funcția Z poate fi, în intervalul $0 \to \frac{t}{2}$, crescătoare, constantă sau descrescătoare, în funcție de raportul valorilor R și C, ca în figura 2.

Dacă se ia în considerare expresia funcției Z, se pot stabili coeficienții r ai lui C pentru care se poate minimiza funcția Z în intervalul $0 \to \frac{t}{2}$ pentru cazul a s macarale. Avem:

$$Z = (M + R + C)(x_1 + x_5) + \\ + (M + R + rC)(x_2 + x_4) + \\ + (2M + R + sC)\, x_3.$$

Pentru ca Z să fie descrescătoare, este necesar ca

$$2M + R + sC > 2M + 2R + (r + 1)\, C,$$

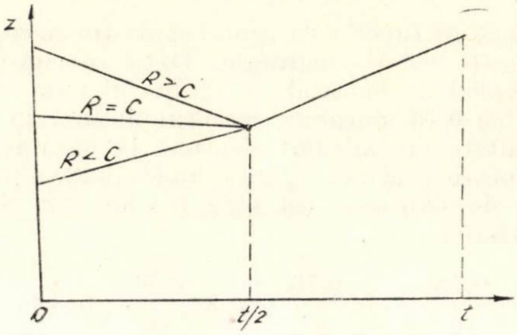


Fig. 2

respectiv

$$2R + (r + 1)\, C < R + sC;$$

$$r + 1 - s > 0;$$

$$r + 1 < s.$$

Aceasta înseamnă că dacă $s = 3$, r poate avea valorile în intervalul 1—2.

În concluzie, pentru ca funcția Z să fie descrescătoare în intervalul $0 \to \frac{t}{2}$, sînt necesare următoarele condiții:

1. la stabilirea funcției Z, între coeficienții valorii C, atribuiți diferitelor intervale, trebuie să existe inegalitatea $r + 1 < s$;

2. odată satisfăcută această condiție, este necesară existența inegalității $R > C$.

Întrucît condiția 1) se stabilește de analist (în cazul tratat s-a considerat în varianta *b*) $s = 3$, $r = 1$, care se pare a fi modelul cel mai fidel), trebuie urmărit ca să se realizeze și inegalitatea $R < C$ pentru ca existența pasului să fie justificată și economic.

Prin mărirea pasului fluxului continuu se măresc cheltuielile de regie proporțional cu timpul. Totodată se micșorează unele cheltuieli de depozitare a materialelor și a echipamentelor și unele cheltuieli de organizare de șantier (suprafețe de cazare, platforme de asamblare, depozite de utilaje etc.).

Cheltuielile de mecanizare variază, de asemenea, în funcție de pasul fluxului continuu.

Pasul optim al fluxului se obține în condițiile respectării inegalităților de la pct. 1 și 2, de mai sus.

(Articol intrat în redacție la 17 octombrie 1970)

Revista „ENERGETICA” — organ al Ministerului Energiei Electrice și al Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor din R.S. România (CNIT). **Redacția:** București, str. Galați nr. 5—7, Sectorul II. Tel. 136683, 130053. Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinete tehnice în contul nostru de virament **nr.** 30.01 01.00 B.N.R.S.R. — Sectorul VI. Tarif pentru întreprinderi lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri lei 30 anual. Prețul unui exemplar lei 5

Taxele poștale plătite în numerar conform aprobării D.G.P.T. nr. 10.1095, 1967

I.P.I. c. 2908

41 401

E 2039

CUPRINSUL REVISTEI „ENERGETICA" VOL XIX (1971)

I. Editoriale şi articole de fond

1. Armencoiu, N. : *Dezvoltarea sistemului energetic al R.S. România în perioada 1966—1970*, nr. 1, p. 1—11.
2. Răduleţ, R. : *Aspecte ale studiului siguranţei în funcţionarea instalaţiilor energetice*, nr. 4, p. 145—149.
3. Groza, O. : *Dezvoltarea energeticii româneşti în contextul economiei naţionale*, nr. 6, p. 247—251.

II. Energetică generală

1. Nitu, V. I., Oprişan, Gh., Petrescu, A. M., Pipa, G. şi Stein, M. : *Contribuţii la stabilirea unei metodologii de calcul în alegerea schemelor electrice optime pentru centralele termoelectrice*, nr. 4, p. 159—168.
2. Thiess, H : *Din începuturile electrificării României*, nr. 5, p. 230—236.
3. Almăşan, B. : *Producţia şi utilizarea cărbunelui în România*, nr. 6, p. 252—255.
4. Pacoste, Gh. : *Producţia şi utilizarea ţiţeiului şi a gazelor naturale în România*, nr. 6, p. 256—260.
5. Răduleţ, R., Mihăileanu, C. şi Groza, L. : *Dezvoltarea cercetării în energetica României*, nr. 6, p. 265—269.
6. Armencoiu, N. : *Concepţia de dezvoltare a sistemului energetic naţional*, nr. 6, p. 270—279.
7. Vîlciu, Cr : *Principalele aspecte ale exploatării instalaţiilor energetice în România*, nr. 6, p. 311—317.
8. Iancovici, P. şi Grăniceanu, M. : *Aspecte economice ale compensării puterii reactive în sistemul energetic naţional*, nr. 11, p. 525—533.
9. Lup, L., Vîlcereanu, Gh. şi Breazu, Fl. *Metode de calcul al puterilor efectiv utilizabile ale sistemului electroenergetic*, nr. 11, p. 534—539.

III. Termoenergetică

1. Zbarcea, R. : *Centrala termoelectrică Deva (Mintia)*, nr. 1, p. 12—23.
2. Athanasovici, V. : *Influenţa condiţiilor climatice şi a consumului de căldură menajer asupra căldurii livrate din CET urbane*, nr. 1, p. 23—30.
3. Popa, T. : *Consideraţii cu privire la funcţionarea grupurilor turbogeneratoare cu presiune alunecătoare*, nr. 2, p. 75—79.
4. Moţoiu, C. : *Alegerea capacităţii şi a caracteristicilor turnurilor de răcire care funcţionează în regim variabil*, nr. 2, p. 79—84.
5. Leca, A. : *Consideraţii asupra folosirii suprafeţelor rugoase în îmbunătăţirea performanţelor schimbătoarelor de căldură*, nr. 2, p. 85—89.
6. Istrate, I. : *Consideraţii privind calculul la oboseală al paletelor de turbină*, nr. 2, p. 89—95.
7. Dănilă, N. şi Chercea, G. : *Metodă analitică pentru calculul caracteristicilor condensatoarelor turbinelor cu abur*, nr. 3, p. 106—109.
8. Nabijovici, A. : *Economicitatea utilizării pompelor de vid şi a ejectoarelor în centralele termoelectrice*, nr. 3, p. 109—113.
9. Pleşu, Gh. : *Unele aspecte ale criteriilor de apreciere a vibraţiilor turboagregatelor*, nr. 3, p. 114—118.
10. Chercea, G. : *Trecerea la folosiea sistemului internaţional de unităţi de măsură în mecanică şi termotehnică*, nr. 3, p. 118—121.
11. Renţea, D., Goldenberg, C., Ghioca, L., Stăncescu, M. şi Vlădescu, A. : *Stabilirea soluţiilor optime ale profilului sursei de alimentare cu căldură a consumatorilor industriali în condiţii de siguranţă impuse*, nr. 4, p. 180—187.
12. Moţoiu, C., şi Gheorghe, A : *Analiza dimensionării sistemului de alimentare cu combustibil la o centrală de termoficare, legat de siguranţa cerută de consumatori şi de prezenţa combustibilului auxiliar*, nr. 4, p. 187—192.
13. Marian, G. : *Centrala electrică de termoficare Govora*, nr. 5, p. 209—213.
14. Stăncescu, I. D., Mişu, Al. şi Voinea, M. : *Dezvoltarea termoficării în România*, nr. 6, p. 280—286.
15. Nitu, V. I., Burducea, C., Moţoiu, C., Renţea, D. şi Goldenberg, C. : *Dezvoltarea centralelor termoelectrice în România*, n. 6, p. 287—295.
16. Pop, M., Tardoş, G. şi Badea, A. : *Stabilirea modului economic de funcţionare a grupurilor de condensaţie de putere medie în timpul golurilor de sarcină*, nr. 7, p. 333—339.
17. Moţoiu, C. şi Gheorghe, A. : *Schemele de alimentare cu combustibil la o CET şi echivalarea lor din punctul de vedere al siguranţei*, nr. 7, p. 346—350.
18. Negreţu, D. : *Centrala electrică de termoficare Palas-Constanţa*, nr. 8, p. 377—387.
19. Oancea, L : *Unele aspecte privind alimentarea cu căldură prin termoficare a marilor complexe de sere legumicole*, nr. 8, p. 388—393.
20. Leca, A. : *Tubul cu capacitate mare de transfer al căldurii*, nr. 8, p. 409—413.
21. Vlădea, I., Barbu, V., Oancea, N. D., Negru, D., Iorga, D. şi Jădăneanţu, M. : *Influenţa temperaturilor de intrare ale apei şi aerului asupra funcţionării turnurilor de răcire în contracurent sistem pelicular*, nr. 9, p. 421—424.
22. Oancea, N. şi Jădăneanţu, M. : *Studiu comparativ al metodelor de calcul al turnurilor de răcire în contracurent*, nr. 9, p. 424—431.
23. Nicu, Vl. : *Variaţia randamentului global al unei CET în cazul reducerii consumului pompelor de circulaţie a apei de răcire*, nr. 9, p. 432—433.
24. Oancea, L. : *Sistemul de termoficare Brazi-Ploieşti*, nr. 10, p. 474—478.
25. Popa, Th, Pop, M. şi Tardoş, G. : *Experimentări privind pornirea de la cald a unui grup cu condensaţie de 50 MW pentru funcţionarea în regim de vîrf*, nr. 10, p.478 —485.
26. Istrate, I. : *Consideraţii privind calculul şi interpretarea frecvenţelor superioare statice şi dinamice la paletele turbinelor*, nr. 10, p. 486—490.
27. Forje, Al., Forje., I. şi Andreoiu, L. : *Examinarea unei avarii la materialul tubular al supraîncălzitorului din oţel austenitic al unui cazan de 210 t/h*, nr. 10, p. 490—492.
28. Barbu, V., Iorga, D. şi Jădăneanţu, M. : *Turnuri şi aparate de răcire cu transport pelicular*, nr. 11,p. 539—545.
29. Stanisavlievici, L. : *Consideraţii asupra unor aspecte ale regimului chimic al apei din cazane*. nr. 11, p. 545—550.
30. Chirică, M. : *Comportarea răşinilor schimbătoare de ioni în prezenţa sulfurilor din apa brută care alimentează instalaţia de demineralizare*, nr. 11, p. 555—559,
31. Gheorghiu, St., Pop., M. şi Tardoş, G. : *Viteze admisibile de încălzire la cazanele cu circulaţie naturală*, nr. 12, p. 573—581.
32. Athanasovici, V. şi Giuvelea, P. : *Stabilirea consumului specific de căldură al serelor legumicole*, nr. 12, p.581—589.
33. Nicu, Vl. : *Consumul specific în condensaţie al turbinelor de termoficare*, nr. 12, p. 590—591.
34. Bereş, Fl. : *Modificarea schemei de evacuare pneumatică a cenuşii de la Centrala termoelectrică Deva-Mintia*, nr. 12, p. 592—598.
35. Istrate, I. : *Determinarea unor elemente necesare calculelor de vibraţii şi de rezistenţă ale paletelor turbinelor cu abur*, nr. 12. p. 598—602.

IV. Electroenergetică

1. Drăgan, D. : *Regulatoare de tensiune cu tiristoare şi de viteză electrohidraulice la hidrogeneratoarele de la CHE Porţile de Fier. Influenţa asupra stabilităţii dinamice*, nr. 1. p. 30—37.
2. Cautiş, D. şi Moga, S. : *Un procedeu de identificare statistică pasivă a proceselor dinamice din energetică*, nr. 1, p. 87—41.
3. Porţeanu, M. : *Semnalizări preventive cu circuite logice tranzistorizate în centrale şi staţii electrice*, nr. 1, p. 42—48.
4. Dimo, P., Groza, L., Moraite, G. şi Cristea, H. : *Îmbunătăţirea siguranţei în exploatarea reţelelor electrice cu ajutorul consolelor de vizualizare*, nr. 2, p. 53—57.
5. Moraru, D., Popescu, Gh., Stoica, M. şi Tănăsescu, Fl : *Determinarea degradărilor produse de descărcările parţiale în sistemele de izolaţie hîrtie-ulei*, nr. 2, p. 58—63.
6. Buhuş, P. : *O extindere probabilistică a metodelor deterministe pentru rezolvarea reţelelor electrice liniare*, nr. 2, p. 67—75.
7. Rothman, A. : *Stadiul actual al folosirii analizoarelor de reţea în străinătate*, nr. 2, p. 95—99.
8. Tarnavschi, Ş. şi Trandafir, M. : *Analiza perspectivelor de dezvoltare a reţelelor de înaltă şi medie tensiune din oraşul Ploieşti*, nr. 3, p. 122—128.
9. Drăgan, G., Cristescu, D. şi Golovanov, N. : *Optimizarea repartiţiei tensiunii de-a lungul unui circuit cu capacităţi*, nr. 3, p. 128—130.
10. Poeată, A. I., Cîrţină, Gh. I. şi Alexandrescu, Gh. V. : *Instalaţie statică reglabilă de putere reactivă*, nr. 3, p. 131—133.
11. Stoica, Gh. şi Baciu, A. : *Preocupări şi realizări în mărirea gradului de siguranţă a alimentării cu energie electrică a marilor consumatori industriali*, nr. 4, p. 151—154.
12. Poeată, A. I., Ivas, D., Alexandrescu, Gh. V. şi Cîrţină, Gh : *Contribuţii la întocmirea şi completarea modelului matematic pentru calculul siguranţei optime în alimentarea cu energie electrică*, nr. 4, p. 168—172.
13. Negru, E. şi Udrescu, C. : *Schemele electrice de alimentare a unor mari consumatori industriali din oraşul Bucureşti*, nr. 4, p. 172—177.
14. Predan, Fl. : *Alimentarea optimă cu putere reactivă a unui consumator racordat într-un nod al sistemului electroenergetic*, nr. 5, p. 213—218.
15. Costin, E. şi Rothman, A. : *Model matematic şi program pentru preliminarea repartizării teritoriale a consumului de energie electrică prin metoda Monte Carlo*, nr. 5, p. 219—226.
16. Stoica, Gh. : *Dezvoltarea reţelelor electrice în România*, nr. 6, p. 296 -304.
17. Grigoriu, V. : *Realizarea circuitelor de blocaj în staţiile de înaltă tensiune*, nr. 7, p. 366—369.
18. Goia, L. M. : *Evaluarea riscurilor de electrocutare în reţelele de înaltă tensiune*, nr. 7, p. 369—374.
19. Rothman, A. şi Constantinescu, J. : *Alegerea amplasamentului şi a mărimii puterii staţiei electrice de injecţie care alimentează o anumită zonă de consum pe baza unui program automat de calcul*, nr. 8, p. 400—404.
20. Coatu, S., Postolache, P. şi Mărgineanu, I. : *Calculul instalaţiilor de impuls de curent*, nr. 8, p. 404—409.
21. Iordănescu, I., Moraite, G. şi Velicu, St. : *Aspecte ale comportării motoarelor de mare putere în regimuri dinamice ale serviciilor interne ale marilor generatoare*, nr. 9, p. 441—448.
22. Pantelimon, L. şi Dăbuleanu, Al. : *Consideraţii privind alegerea parametrilor regulatorului automat de tensiune în regim dinamic*, nr. 9, p. 449—453.
23. Sabău, I. : *Miscibilitatea uleiurilor de transformator*, nr. 9, p. 454—457.
24. Porţeanu, M. şi Săndulescu, M. : *Realizări experimentale în tranzistorizarea comenzilor şi semnalizărilor din staţiile electrice*, nr. 10. p. 493—504.
26. Goia, L. M. : *Utilizarea prizelor de pămînt naturale pentru linii electrice aeriene*, nr. 10, p. 504—509.
26. Ambrozie, C. : *Calculul exact al repartiţiei tensiunii de-a lungul unui circuit cu capacităţi*, nr. 10, p. 510—512
27. Constantinescu, J. : *Diakoptica — metodă de analiză a reţelelor electrice*, nr. 10, p. 513—518.
28. Tarnavschi, Ş. : *Aplicaţii ale metodei ,,ramificare şi frontiere" în planificarea reţelelor electrice urbane*, nr. 10, p. 518—522.
29. Ivas, D. A., Ştirbu C. şi Sevastre, I. : *Compararea soluţiilor constructive pentru instalaţiile de distribuţie exterioare, după criterii multiple, prin metoda ,,ELECTRE"*, nr. 11, p. 559—562.
30. Constantin, E. : *Calculul simplificat al componentelor modale pentru o linie de transport cu conductoarele dispuse vertical*, nr. 11, p..563—570.
31. Leonte, D. şi Petroianu, A. : *O abordare secvenţială a defectelor simultane în reţelele complexe*, nr. 12, p. 602—611
32. Nicolau, Gh. : *Consideraţii asupra întinderii conductoarelor liniilor electrice aeriene*, nr. 12, p. 611—614.

V. Hidroenergetică

1. Pavel, D. : *Supraechiparea centralelor hidroelectrice, volumele acumulărilor şi aspecte energetice-economice*, nr. 3, p. 101—106.
2. Focşa, Vl. şi Parhoti, E. : *Centrala hidroelectrică Porţile de Fier*, nr. 5, p. 197—208.
3. Iorgulescu, Fl : *Principiile de amenajare a resurselor de apă ale României*, nr. 6, p. 261—264.
4. Coste, Fl., Anghel, A., Mihailovici, Al. şi Rîşniţă, C. : *Studiul comportării în exploatare a turbinelor de 178 MW din CHE Porţile de Fier, pe baza analizei măsurătorilor efectuate pe model*, nr. 8, p. 394—400.
5. Cosma, Gh. : *O metodă de măsurare a coeficienţilor debitmetrici relativi K ai turbinei hidraulice de la o centrală electrică*, nr. 9, p. 462—469.

VI. Energetică nucleară

1. Luca, L., Mihăilă, A., Dobrescu, C., Pană, M. şi Crudu, D. : *Fluxuri termice critice la fierberea subrăcită în canale verticale*, nr. 7, p. 340—345.

VII. Energetică industrială

1. Moldoveanu, N. : *Consideraţii generale privind efectele întreruperilor în alimentarea cu diverse forme de energie şi diverse utilităţi şi determinarea corespunzătoare a sistemelor de alimentare respective*, nr. 4, p. 154—159.
2. Marcu, B. : *Energetica industrială a României*, nr. 6, p. 329—332.
3. Creţu, Gh. : *Şocurile de putere produse de laminoare, efectul şi modul lor de repartiţie pe sistem şi pe maşinile electrice locale*, nr. 7, p. 351—360.
4. Ionescu, C. Gr. : *Consideraţii privind calculul măririi randamentului termic la cuptoarele de uscare prin introducerea recirculaţiei agentului termic*, nr. 7, p. 360—365.

VIII. Din exploatare

1. Istrate, I. : *Consideraţii privind calculul la oboseală al paletelor de turbină*, nr. 2, p. 89—95.
2. Nicu, Vl. : *Variaţia randamentului global al unei CET în cazul reducerii consumului pompelor de circulaţie a apei de răcire*, nr. 9, p. 432—433.
3. Istrate, I : *Consideraţii privind calculul şi interpretarea frecvenţelor superioare statice şi dinamice la paletele turbinelor*, nr. 10, p. 486—490.
4. Goia, L. M. : *Utilizarea prizelor de pămînt naturale pentru linii electrice aeriene*, nr. 10. p. 504—509.
5. Bereş, Fl. : *Modificarea schemei de evacuare pneumatică a cenuşii de la centrala termoelectrică Deva*, nr. p.592—598
6. Istrate, I. : *Determinarea unor elemente necesare calculelor de vibraţii şi de rezistenţă ale paletelor turbinelor cu abur*, nr. 12, p.598—602.

IX. Articole economice şi tehnico-organizatorice

1. Predan, Fl : *Evaluarea costului puterii reactive livrate de sistemul electroenergetic într-un nod al său*, nr. 3, p. 134—138.
2. Kleps, I. : *Urmărirea eficienţei economice la studiile privind organizarea producţiei şi a muncii*, nr. 3, p. 138—142.
3. Nitu, V. I. şi Albert, H. : *Analiza eficienţei economice a investiţiilor cu considerarea siguranţei în funcţionare*, nr. 4, p. 177—179.
4. Kleps, I. : *Codificarea activităţii de producţie în întreprinderile de construcţii-montaje energetice*, nr. 5, p. 226—229.
5. Vlad. Al. : *România în cadrul cooperării energetice internaţionale*, nr. 6, p. 305—310.
6. Măcriş, A. : *Contribuţii la calculul reţelelor stocastice*, nr. 8, p. 414—419.
7. Grigoriu, V. : *Preocupări în direcţia introducerii prelucrării automate a datelor în sistemul informaţional al M.E.E.* nr. 9, p. 434—441.
8. Grăniceanu, M. : *Principii ale tarifării energiei electrice şi a căldurii*, nr. 9, p. 458—561.
9. Tarnavschi, Ş. : *Aplicaţii ale metodei ,,ramificaţii şi frontiere" în planificarea reţelelor electrice urbane*, nr. 10, p. 518—522.
10. Iancovici, P. şi Grăniceanu, M. : *Aspecte economice ale compensării puterii reactive în sistemul energetic naţional*, nr. 11, p. 525—533.
11. Măcriş, A. : *Calculul pasului optim al fluxului de montaj în funcţie de numărul şi repartiţia macaralelor de montaj*, nr. 12, p. 614—616.

X. Construcţii şi montaje energetice

1. Kleps, I. : *Codificarea activităţii deproducţie în întreprinderile de construcţii-montaje energetice*, nr. 5, p. 226-229.
2. Miliţescu, Gh., Gilbert, A. şi Ionescu, M. : *Activitatea de construcţii şi montaj, legată de execuţia obiectivelor energetice din România, în perioada 1966—1970*, nr. 6, p. 318—328.
3. Popescu-Ghimpaţi, Cr ; *Tehnici şi tehnologii practicate în protecţiile anticorosive peliculare*, nr. 11, p. 550—554.
4. Măcriş, A. : *Calculul pasului optim al fluxului de montaj în funcţie de numărul şi repartiţia macaralelor de montaj*, nr. 12, p. 614—616.

XI. Pentru tînărul inginer

1. Rothman, A. : *Stadiul actual al folosirii analizoarelor de reţea în străinătate*, nr. 2, p. 95—99.
2. Constantinescu, J. : *Diakoptica — metodă de analiză a reţelelor electrice*, nr. 10. p. 513—518.
3. Ivas, D. A., Ştirbu, C. şi Sevastre, I. : *Compararea soluţiilor constructive pentru instalaţiile de distribuţie exterioare, după criterii multiple, prin metoda ,,ELECTRE"*, nr. 11, p. 559—562.

INDEX ALFABETIC AL AUTORILOR ARTICOLELOR APĂRUTE IN REVISTA „ENERGETICA" VOL XIX (1971)

Albert, H., IX, 3.
Alexandrescu, Gh. V., IV, 10, 12.
Almăşan, B., II, 3.
Ambrozie, C., IV, 26.
Andreoiu, L. III, 27.
Anghel, A., V, 4.
Armencoiu, N., I, 1 ; II, 6.
Athanasovici, V., III, 2, 32.

Baciu, A., IV, 11.
Badea, A., III, 16.
Barbu, V., III, 21, 28.
Bereş, Fl., III, 34 ; VIII, 5.
Breazu, Fl., II, 9.
Buhuş, P., IV, 6.
Burducea, C., III, 15.

Cautiş, D., IV, 2.
Chercea, G., III, 7, 10.
Chirica, M., III, 30.
Cîrţină, Gh., I., IV, 10, 12.
Coatu, S., IV, 20.
Constantin, E., IV, 30.
Constantinescu, J., IV, 19, 27 ; XI, 2.
Cosma, Gh, V. 5.
Coste, Fl., V, 4.
Costin, E., IV, 15.
Creţu, Gh., VII, 3.
Cristea H., IV, 4.
Cristescu, D., IV, 9.
Crudu, D., VI, 1.

Dăbuleanu, Al., IV, 22.
Dănilă, N., IV, 9.
Dimo, P., IV, 4.
Dobrescu, C., VI, 1.
Drăgan, D., IV, 1.
Drăgan, G., IV, 9.

Focşa, Vl., V, 2.
Forje, Al., III, 27.
Forje, I., III, 27.

Gheorghe, A., III, 12, 17.
Gheorghiu, Şt., III, 31.
Ghioca, L., III, 11.
Gilbert, A., X, 2.
Giuvelea, P., III, 32.
Goia, L. M., IV, 18, 25 ; VIII, 4.
Goldenberg, C., III, 11, 15.

Golovanov, N., IV, 9.
Grăniceanu, M., II, 8 ; IX, 8.
Grigoriu, V., IV, 17 ; IX, 7.
Groza, L., II, 5 ; IV, 4.
Groza, O., I, 3.
Iancovici, P., II, 8 ; IX, 10.
Ionescu, C. Gr., VII, 4.
Ionescu, M., X, 2.
Iordănescu, I., IV, 21.
Iorga, D., III, 21, 28.
Iorgulescu, Fl., V, 3.
Istrate, I., III, 6, 26, 35 ; VIII, 1, 3, 6.
Ivas, D., IV, 12, 29 ; XI, 3.

Jădăneanţu, M., III, 21, 22, 28.

Kleps, I., IX, 2, 4 ; X, 1.

Leca, A., III, 5, 20.
Leonte, D., IV, 31.
Luca, L., VI, 1.
Lup, L., II, 9.

Marcu, B., VII, 2.
Marian, G., III, 13.
Măcriş, A., IX, 6, 10 ; X, 4.
Mărgineanu, I., IV, 20.
Mihailovici, Al., V, 4.
Mihăilă, A., VI, 1.
Mihăileanu, C., II, 5.
Miliţescu, Gh., X, 2.
Mişu, Al., III, 14.
Moga, S., IV, 2.
Moldoveanu, N., VII, 1.
Moraite, G., IV, 4, 21.
Moraru, D., IV, 5.
Moţoiu, C., III, 4, 12, 15, 17.

Nabijovici, A., III, 8.
Neagu, E., IV, 13.
Negreţu, D., III, 18.
Negru, D., III, 21.
Nicolau, Gh., IV, 32.
Nicu, Vl., III, 23, 33 ; VIII, 2.
Niculescu, N., XII, 3.
Nitu, V. I., II, I ; III, 15 ; VIII, 2, IX, 3.

Oancea, L., III, 19, 24.
Oancea, N. D., III, 21, 22.

Oprişan, Gh., II, I.
Ostap, C. XII, 6.

Pacoste, Gh., II, 4.
Pană, M., VI, 1.
Pantelimon, L., IV, 22.
Parhoti, E., V, 2.
Pavel, D., V, 1.
Petrescu, A. M., II, 1.
Petroianu, Al., IV, 31.
Pipa, G., II, 1.
Pleşu, Gh., III, 9.
Poeată, A. I., IV, 10, 12.
Pop, M., III, 16, 25, 31.
Popa, Th., *III*, 3, 25.
Popescu, Gh., IV, 5.
Popescu-Ghimpaţi, Cr., X, 3.
Porţeanu, M., IV, 3, 24.
Postolache, P., IV, 20.
Predan, Fl., IV, 14 ; IX, 1.

Răduleţ, R., I, 2 ; II, 5.
Renţea, D., III, 11, 15.
Rîşniţă, C., V, 4.
Rothman, A., IV, 7, 15, 19 ; XI, 1.

Sabău, I., IV, 23.
Săndulescu, M., IV, 24.
Sevastre, I., IV, 29 ; XI, 3.
Staicu, C. I., XII, 1.
Stanisavlievici, L., III, 29.
Stăncescu, I. D., III, 14.
Stăncescu, M., III, 11.
Stein, M., II, 1.
Stoica, Gh., IV, 11, 16.
Stoica, M., IV, 5.

Ştirbu, C., IV, 29 ; XI ; 3.

Tardoş, G., III, 16, 25, 31.
Tarnavschi, Ş., IV, 8, 28 ; IX, 9.
Tănăsescu, Fl., IV, 5.
Thiess, H., II, 2.
Trandafir, M., IV, 8.

Udrescu, C., IV, 13.

Velicu, St., IV, 21.
Vîlcereanu Gh., II, 9.
Vîlciu, Cr., II, 7.
Vlad, Al., IX, 5.
Vlădea, I., III, 21.
Vlădescu, A., III, 11.
Voinea, M., III, 14 ; XII, 3.

Zbarcea, R., III, 1.

IPRS Băneasa

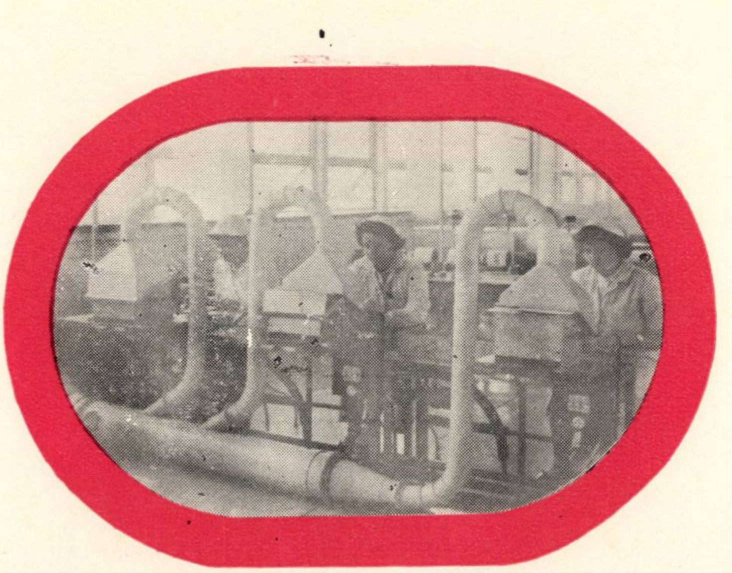
Intreprinderea de piese radio şi dispozitive semiconductoare

Strada Erou Iancu Nicolae nr. 32 telefon 33.38.30

β *produce:*

PIESE RADIO

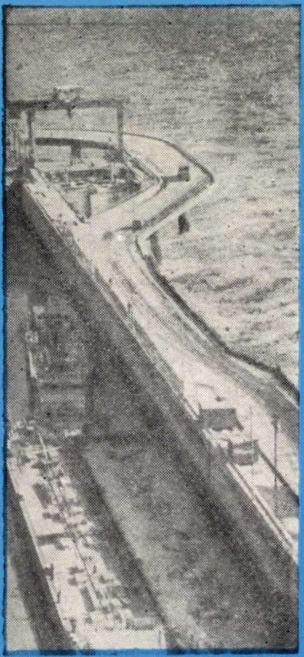
- Condensatoare ceramice
- Condensatoare cu hîrtie uz general
- Condensatoare cu hîrtie metalizate
- Condensatoare telefonice
- Condensatoare auto
- Condensatoare pentru tuburi fluorescente
- Cablaje imprimate
- Rezistoare fixe cu peliculă de carbon
- Rezistoare bobinate
- Termistoare
- Condensatoare cu poliester
- Condensatoare cu polistiren
- Condensatoare electrolitice normale
- Condensatoare electrolitice miniatură

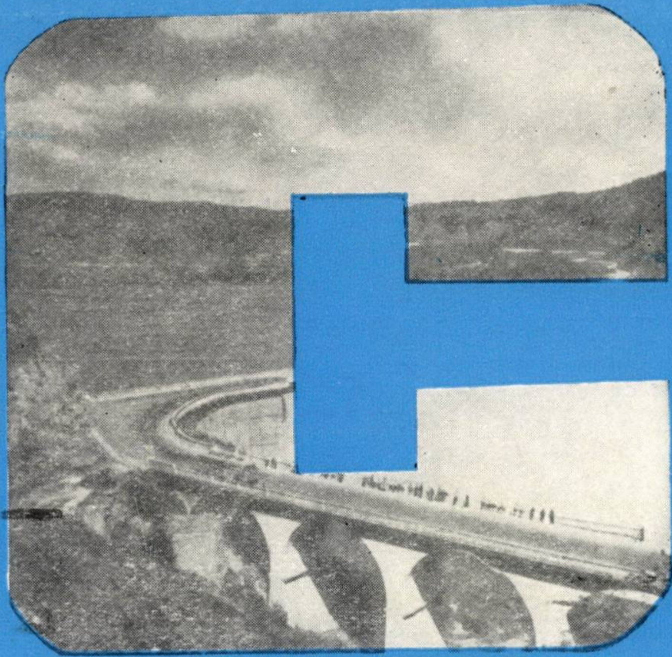


DISPOZITIVE SEMICONDUCTOARE

- Tranzistoare cu germaniu de joasă frecvenţă
  - — de mică putere
  - — de medie putere
  - — de putere
- Tranzistoare cu germaniu, de înaltă frecvenţă
  - — de mică putere
  - — drift de mică putere
- Diode cu germaniu cu contact punctiform
- Redresoare cu germaniu de medie putere
- Fotodiode cu germaniu
- Diode redresoare cu siliciu
  - — de mică putere
  - — de putere
- Diode Zener de mică putere

INTREPRINDEREA DE CONSTRUCŢII HIDROENERGETICE BUCUREŞTI

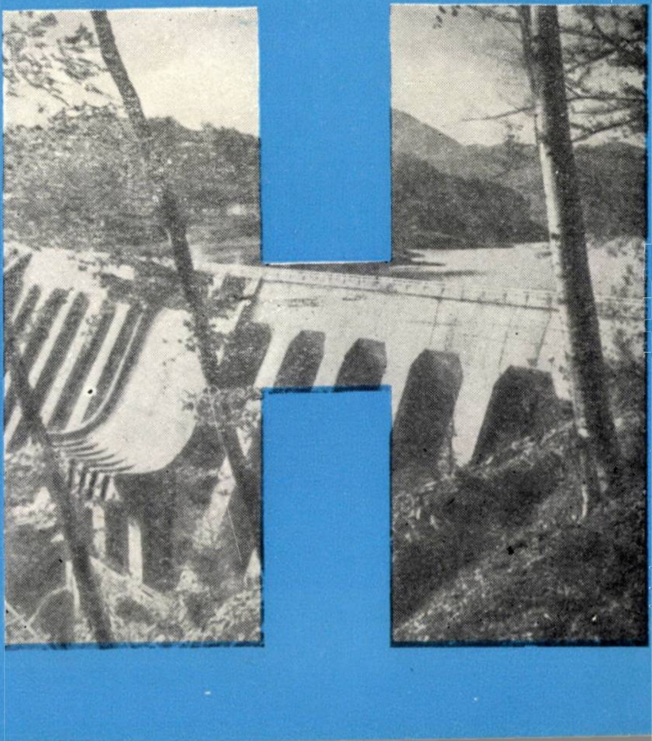




EXÉCUTE DES TRAVAUX DE GÉNIE CIVIL POUR DES CENTRALES HYDRAULIQUES DE TOUTE SORTE ET DES SYSTÈMES D'AMÉNAGEMENTS À BUTS MULTIPLES :

- — Barrages de divers types
- — Salles des machines des usines hydro-électriques souterraines et de surface
- — Canaux et galeries d'adduction et d'évacuation
- —Cheminées d'équilibre
- — Travaux de bétons spéciaux pour les Installations hydro-électriques et hydromécaniques
- — Écluses
- — Tunnels et galeries hydrotechniques
- — Aménagements pour l'alimentation en eau des grandes industries
- — Installations complexes pour la préparation des agrégats de béton

LES TRAVAUX DE GÉNIE CIVIL SONT EXÉCUTÉS PAR ICH BUCUREŞTI EN CONDITIONS DE SÛRÉTE ET QUALITÉ SUPÉRIEURE PAR DES PROCÉDÉS TECHNOLOGIQUES MODERNES DE HAUTE PRODUCTIVITÉ ET DE MINIME DURÉE DE TEMPS



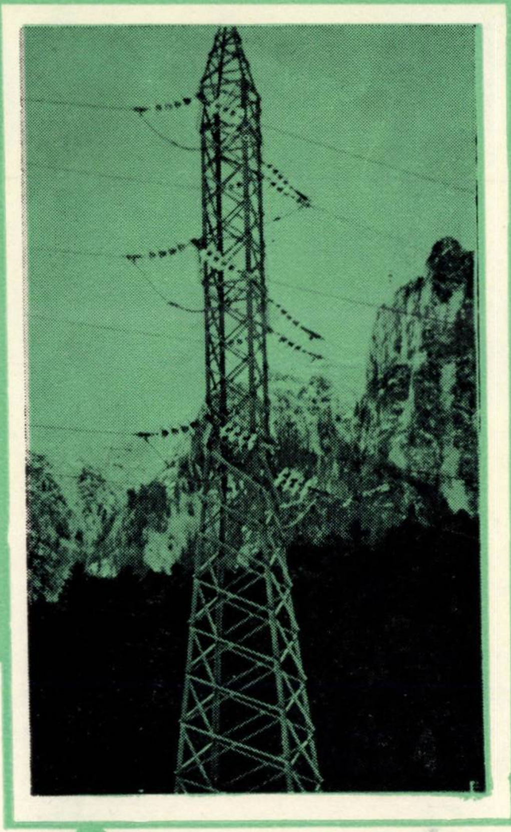
CARRIES OUT HYDRO-ELECTRIC DEVELOPMENTS AND POWER PLANTS, COMPLEX RIVER HARNESSING SCHEMES :

- ● Dams of all types
- ● Machine halls for underground and overground hydro-electric power plants
- ● Head races and tailraces
- ● Surge tanks
- ● Special concrete works for hydro-electrical and hydro-mechanical equipment
- ● Locks
- ● Supply tunnels and galleries
- ● Harnessing for water supply of important industries
- ● Concrete aggregates preparating station

THE CONSTRUCTION WORKS ARE CARRIED OUT BY ICH BUCUREŞTI IN HIGH QUALITY AND SAFETY CONDITIONS BY MODERN AND HIGH PRODUCTIVITY TECHNOLOGIC APPROACHES IN SHORT DELIVERY TIMES

Head office :
ICH BUCUREŞTI
STR. DIMITRIE ONCIUL
NR. 23—25
TEL. 35.54.70,
TELEX : INCOHIDROEN—244

IRE SUCEAVA



proiectează, execută și exploatează :

- posturi și stații de transformare
- linii electrice aeriene și subterane de transport și distribuție
- instalații de iluminat exterior
- instalații electrice interioare

execută :

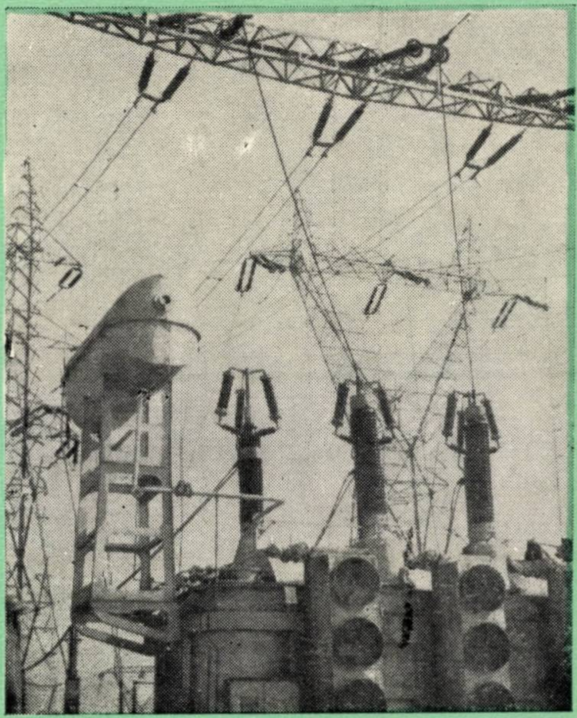
încercări profilactice la aparatajul electric și verificări de protecții prin relee

asigură :

buna deservire a consumatorilor de energie electrică din sectorul industrial, agricol și casnic din regiune

INTREPRINDEREA DE REȚELE
ELECTRICE SUCEAVA
Str. 23 August nr. 1

I.R.E. CONSTANȚA



IRE CONSTANȚA

transportă și distribuie :

energie electrică prin rețele de înaltă și joasă tensiune, asigurînd buna deservire a consumatorilor din sectorul industrial, agricol și casnic.

proiectează și execută :

- **rețele de joasă tensiune**
- **stații și posturi de transformare**
- **instalații de iluminat exterior**
- **instalații de electrificare în mediu rural**
- **instalații interioare**
- **branșamente**

INTREPRINDEREA DE REȚELE
ELECTRICE CONSTANȚA

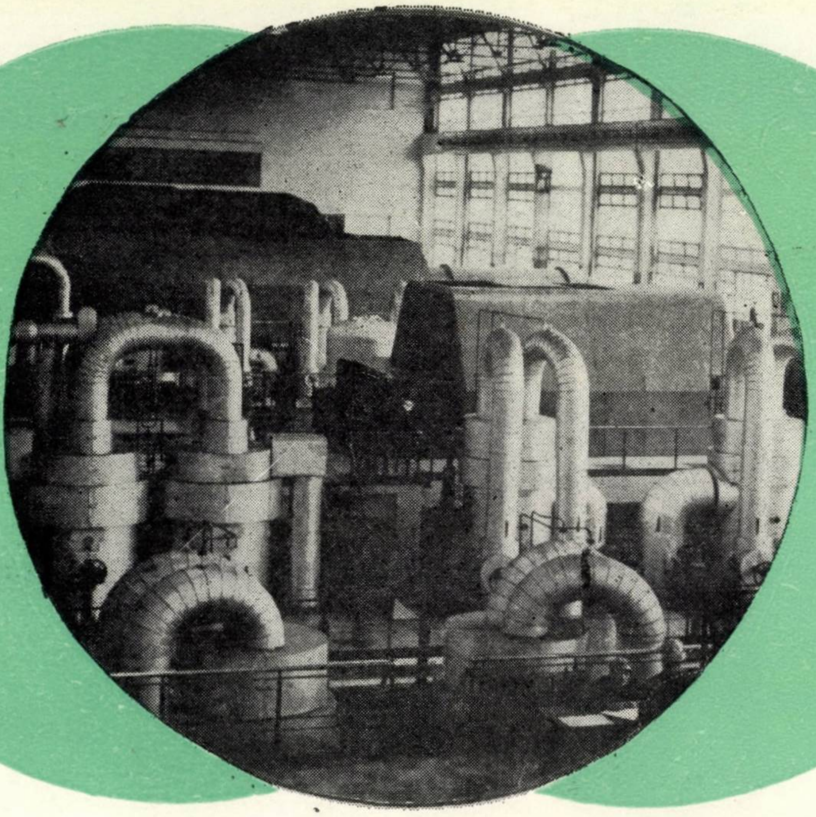
Str. Anton Nițescu nr. 77

INTREPRINDEREA ELECTROCENTRALE BUCUREŞTI

Splaiul Independenţei nr. 227
Sector 7, telefon 13.08.39

Centrala electrică de termoficare Bucureşti-Sud furnizează oraşului Bucureşti energie electrică şi căldură şi sistemului energetic naţional energie electrică la tensiuni de 110 şi 220 kV. CET Bucureşti-Sud livrează căldură sub formă de apă fierbinte consumatorilor casnici şi abur la presiuni de 9 şi 13 ata pentru scopuri tehnologice, fiind în măsură să alimenteze noi consumatori de căldură.
Gradul ridicat de siguranţă în funcţionarea instalaţiilor asigură alimentarea fără întreruperi a cosumatorilor şi respectarea parametrilor nominali.

Sala turbinelor de la una din centralele IEC Bucureşti



TCME

Execută prin unitățile sale:

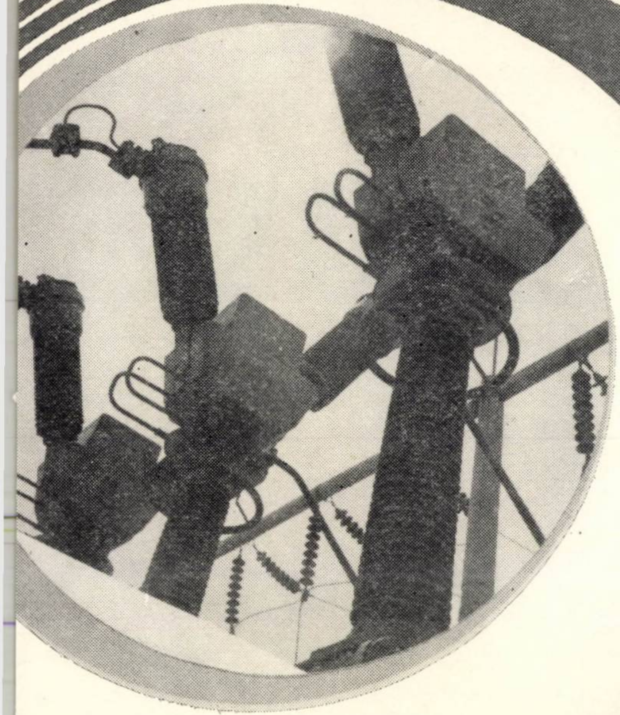
— Lucrări de montaj pentru centrale termo și hidroelectrice :

- ● cazane de abur moderne de mari capacități cu parametri ridicați;
- ● turbine cu abur pînă la 330 MW;
- ● turbine cu gaze pînă la 35 MW;
- ● turbine hidraulice pînă la 170 MW;
- ● generatoare electrice;
- ● compensatoare sincrone;
- ● instalații termomecanice și hidromecanice pentru centrale termoelectrice și hidroelectrice;
- ● instalații electrice de joasă, înaltă și foarte înaltă tensiune, aferente centralelor electrice;
- ● instalații de măsură, control automatizare, atît la partea mecanică, cît și la partea electrică.

— Lucrările de construcții termoenergetice:

- ● centrale termoelectrice;
- ● termoficări urbane și industriale;
- ● construcții hidrotehnice aferente centralelor termoelectrice:
- ● coșuri de fum prin glisare, cu înălțimi pînă la 250 m;
- ● turnuri de răcire cu tiraj natural și tiraj forțat;
- ● montaje de prefabricate grele din beton armat pentru orice construcție termoenergetică.

Lucrările de construcții și montaje se execută de către Trustul de Construcții și Montaje Energetice prin metode tehnologice moderne de mari productivități în durate de timp minim și la un înalt grad de calitate.



INTREPRINDEREA DE REȚELE
ELECTRICE DEVA
Str. George Enescu nr. 35—39

IRE * DEVA

asigură :

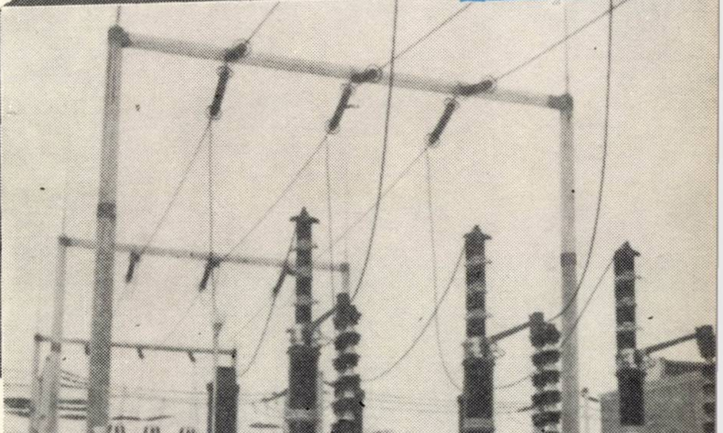
● buna deservire a consumatorilor de energie electrică din sectorul industrial, agricol, feroviar și casnic din regiune

proiectează și execută :

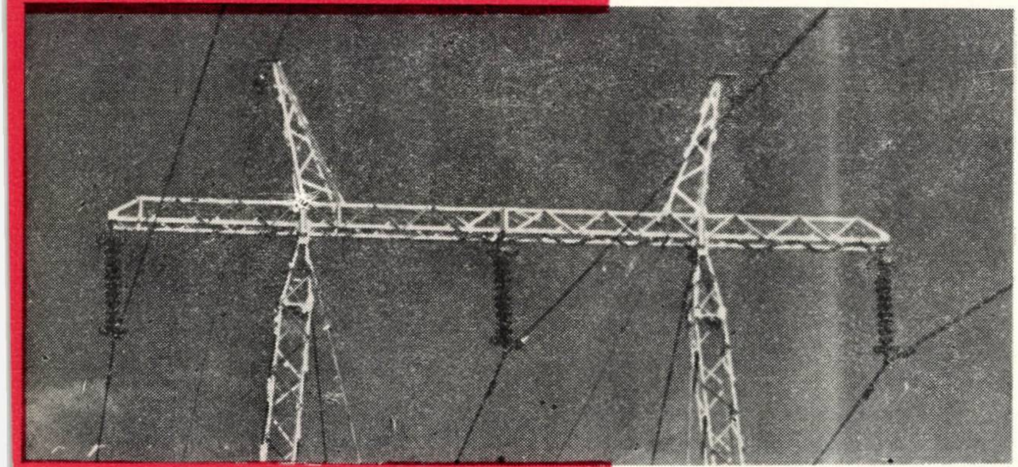
● **rețele, posturi, stații de medie și înaltă tensiune, branșamente și instalații interioare în mediul urban și rural, la orice categorie de consumatori**

proiectează și execută :

● **automatizări și modernizări de instalații electrice**



IRE CRAIOVA



Transportă şi distribuie

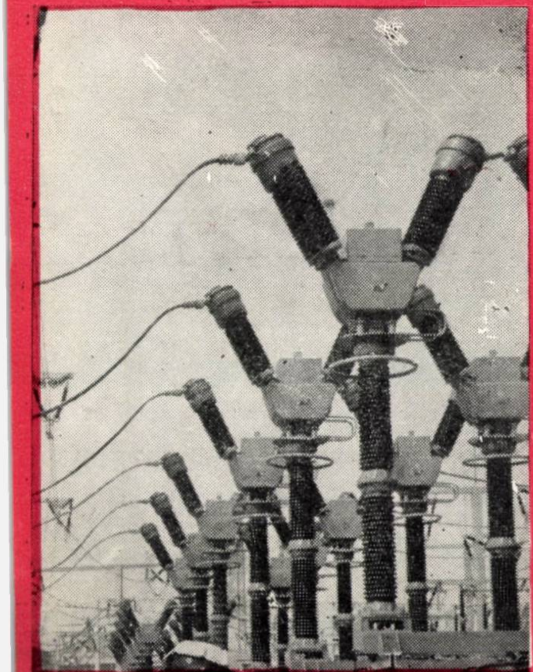
energie electrică, în reţele electrice de joasă, medie, înaltă şi foarte înaltă tensiune, asigurînd buna deservire a consumatorilor de energie electrică din sectorul industrial, agricol, feroviar şi casnic din regiune.

Execută

- linii electrice de 6, 15 şi 35 kV
- linii electrice de joasă tensiune pentru electrificări urbane şi rurale
- posturi şi staţii de transformare
- instalaţii electrice interioare şi branşamente
- reparaţii şi verificări de transformatoare de forţă
- reparaţii şi verificări de aparate electrice de măsură şi control, prin laboratoarele proprii PRAM

Intocmeşte

studii tehnico-economice pentru lucrări noi şi îmbunătăţirea instalaţiilor existente
proiecte de execuţie pentru linii aeriene şi subterane, posturi şi staţii de transformare, instalaţii de iluminat exterior



ÎNTREPRINDEREA DE REŢELE ELECTRICE CRAIOVA

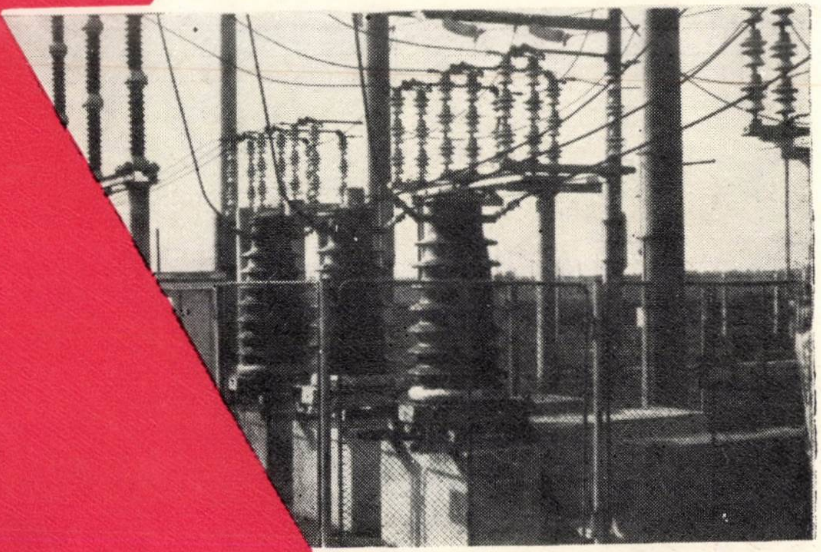
Str. Brestei nr. 5

IDEB

PROIECTEAZĂ
EXECUTĂ
EXPLOATEAZĂ

— Instalații electrice, necesare transportului, transformării, distribuției și alimentării cu energie electrică a consumatorilor casnici și industriali, a iluminatului străzilor și bulevardelor etc., de pe teritoriul Municipiului București.

— Prin gradul ridicat de tehnicitate, calitatea proiectelor, execuției lucrărilor și exploatării instalațiilor, alimentarea cu energie electrică a consumatorilor se face continuu în cele mai bune condiții tehnice și economice.



D
E
B

— Pentru orice probleme legate de alimentarea cu energie electrică și funcționarea instalațiilor electrice, adresați-vă cu încredere serviciilor de specialitate ale întreprinderii și în mod special pentru:

— sporuri de putere pentru obiective industriale și construcții de orice fel;

— studii și proiecte pentru alimentarea cu energie electrică;

— montarea și verificarea agregatelor de măsură;

— verificarea instalațiilor electrice interioare și a prizelor de pămînt;

— furnizarea datelor necesare pentru stabilirea oportunității executării instalațiilor de îmbunătățirea factorului de putere;

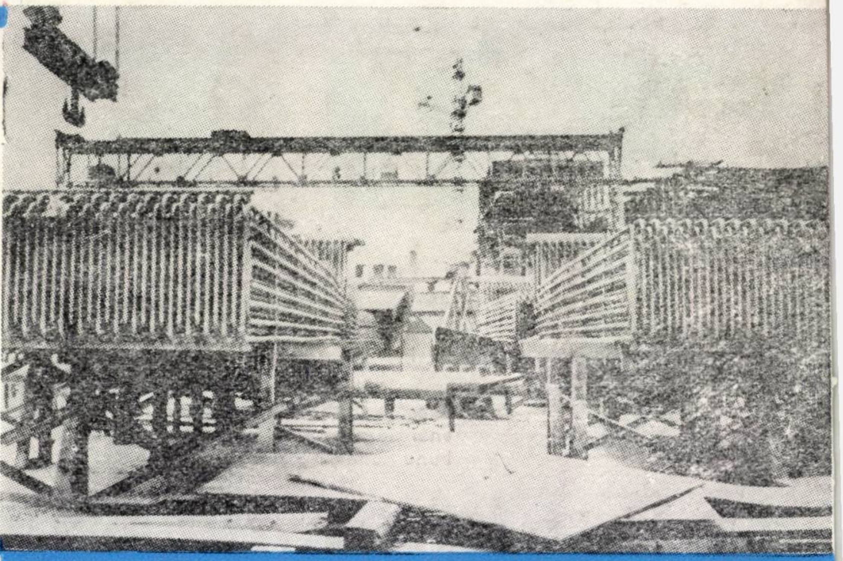
— asistență tehnică necesară la punerea în funcțiune a instalațiilor de alimentare cu energie electrică;

— remedierea deranjamentelor din rețeaua de alimentare.

INTREPRINDEREA DE DISTRIBUTIE A ENERGIEI ELECTRICE
BUCURESTI B-dul 1 Mai nr. 41-43 telefon: 18 08 00

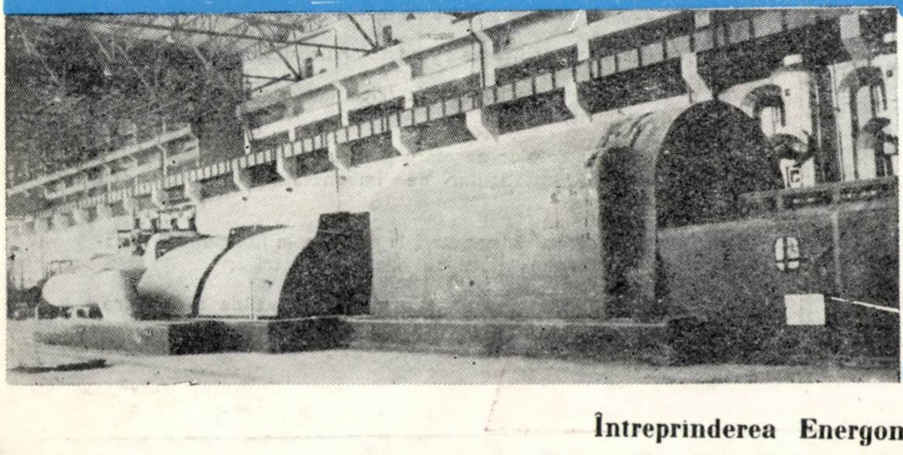
EXECUTĂ LUCRĂRI DE MONTAJ
PENTRU CENTRALE ELECTRICE:

- Cazane de abur cu parametri ridicaţi, 500—640 t abur/h
- Turbine cu abur, de la 5 MW la 315 MW
- Turbine cu gaze
- Turbine hidraulice, de la 5,5 MW la 170 MW



1972 FEB 10

ÎNTREPRINDEREA
Energomontaj



- Compensatoare sincrone
- Instalaţii electrice de joasă, înaltă şi foarte înaltă tensiune
- Instalaţii de măsură, control şi automatizare

Întreprinderea Energomontaj
Bucureşti, Cal. Dorobanţilor nr. 105